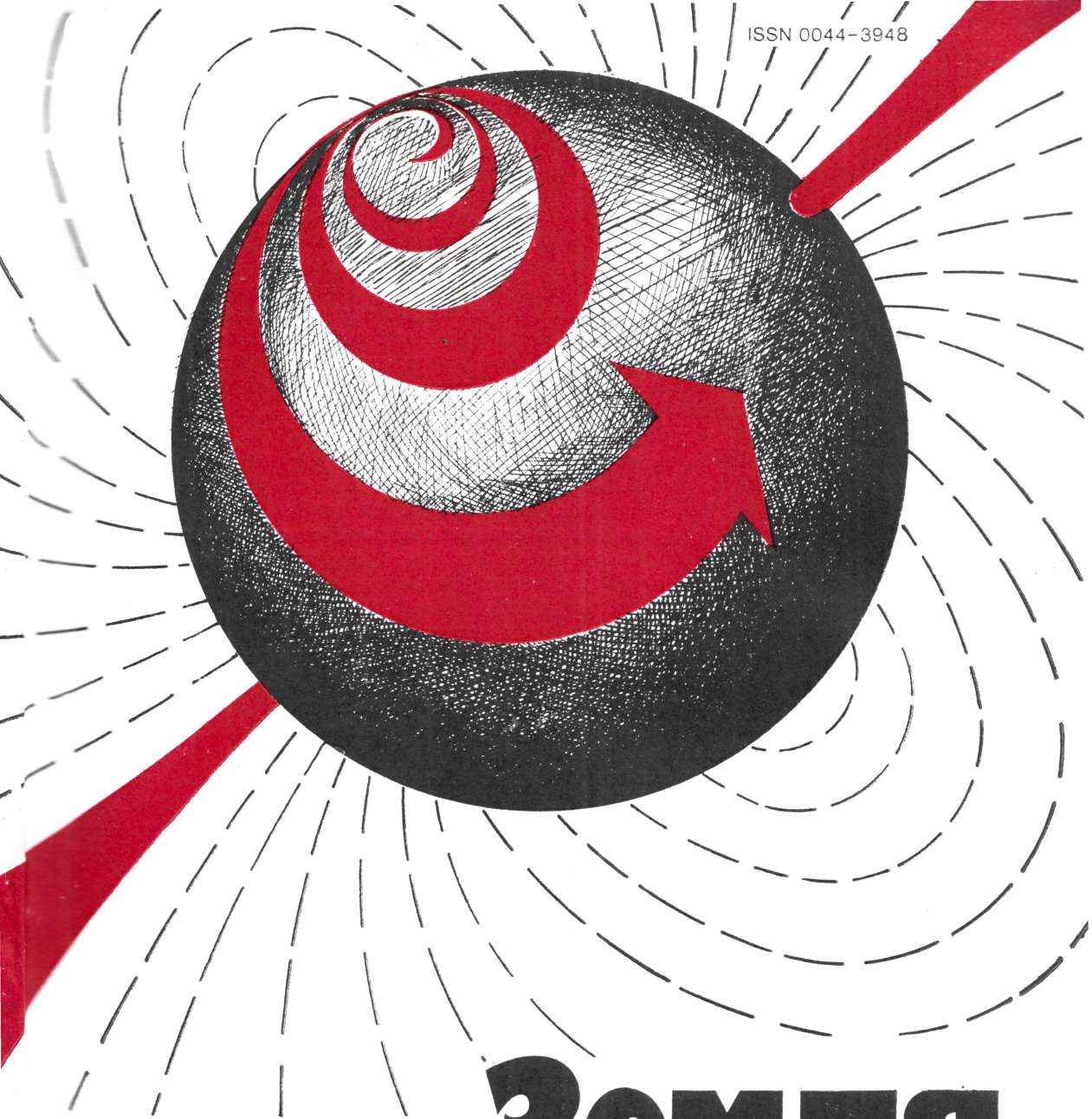




Земля и Вселенная

● АСТРОНОМИЯ ● ГЕОФИЗИКА ●
● ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА ●

4/84

Против милитаризации космоса

«...Космическое пространство стало символом грандиозных достижений науки и техники. Его мирное освоение приносит немалые плоды. Однако кое-кто хотел бы превратить космос в плацдарм агрессии и войны. Как явствует из объявленных в США планов, в космосе предполагается развернуть противоракетные средства, дать простор для действия разного рода противоспутниковых систем, разместить сверхновые виды оружия, предназначенные для нанесения ударов по целям на Земле, в воздухе и на море.

Советский Союз — решительный противник состязания в гонке любых вооружений, в том числе космических. В то же время должно быть понятно, что перед лицом угрозы из космоса Советский Союз вынужден будет принять меры для надежного обеспечения своей безопасности. Расчеты на то, что через космос можно проложить дорогу к военному превосходству, построены на иллюзиях.

Советский Союз вновь подтверждает, что готов приложить максимум усилий, чтобы зловещие планы перенесения гонки вооружений в космос не стали реальностью. По нашему убеждению, политика, направленная на то, чтобы надежно оградить космос от размещения там оружия, должна стать обязательной нормой поведения государств, общепризнанным международным обязательством.

Мы решительно против разработки широкомасштабных систем противоракетной обороны, которые не могут рассматриваться иначе, как рассчитанные на безнаказанное осуществление ядерной агрессии. Есть бессрочный советско-американский Договор по ПРО, запрещающий создание таких систем. Он должен неукоснительно соблюдаться. Такой шаг был бы воспринят повсюду в мире как проявление подлинной заботы о мирном будущем человечества.

Не терпит отлагательств и вопрос о запрещении противоспутникового оружия. Развертывание такого оружия вело бы к резкой дестабилизации обстановки, росту угрозы внезапного нападения, подрывало бы усилия по обеспечению доверия между ядерными государствами.

Необходимы срочные шаги, пока грозный процесс милитаризации космического пространства не приобрел необратимого характера. Здесь не должно быть места для пропагандистских уловок, попыток обеспечить себе те или иные временные преимущества. Проблема недопущения милитаризации космоса — это проблема общечеловеческого значения.

Стремясь преградить путь оружию в космос, мы предложили договориться о запрещении применения силы в космическом пространстве и из космоса в отношении Земли. Эта договоренность предполагала бы, в частности, и полный отказ от противоспутникового оружия, включая уничтожение уже существующих таких систем. Чтобы облегчить достижение договоренности, СССР в одностороннем порядке объявил мораторий на вывод в космос противоспутникового оружия до тех пор, пока другие страны будут поступать таким же образом.

Советская инициатива получила широкую поддержку в мире. Нет и не может быть никаких оправданий отказу приступить к выработке соответствующих практических мер. Способствовать этой справедливой и глубоко гуманной цели — долг политических и общественных деятелей всех стран...»

Из ответа Генерального секретаря ЦК КПСС,
Председателя Президиума Верховного Совета СССР
К. У. ЧЕРНЕНКО
на обращение видных американских ученых —
Р. Гарвина и К. Сагана, работающих в области
физики и астрофизики

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР
Основан в 1965 году
Выходит 6 раз в год
Издательство «Наука»
Москва

Земля и Вселенная

• ИЮЛЬ • АВГУСТ • 4/84

В номере:

Струков И. А.— Эксперимент «Релинт»	5
Бескин В. С.— Электродинамика радиопульсаров . . .	13
Бронштэн В. А.— Плутон — далекий и загадочный . .	20
Фельдштейн Я. И.— Полярные сияния — от мифов до спутников	27
Шкловский И. С.— Что было, когда «ничего» не было?	34
Ямпольский А. Д., Кононкова Г. Е., Показев К. В.— Внутренние волны в океане	40

люди науки

Демин В. Г.— Фридрих Бессель (к 200-летию со дня рождения)	46
Маркин В. А.— Алексей Федорович Трешников (к 70-летию со дня рождения)	52
Памяти Владимира Платоновича Цесевича	58

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Буланже Ю. Д., Прилепин М. Т.— Геодезия на XVIII Генеральной ассамблее Международного союза геодезии и геофизики	61
Липунов В. М.— Симпозиум в Пампорово	65
Расторгуев А. С.— Проблемы изучения звездных скоплений и ассоциаций	67
Троицкий В. С.— Поиск продолжается	70

МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ ПРОГРАММЫ

Данилов А. Д.— Международная кооперация в изучении средней атмосферы	72
--	----

ЭКСПЕДИЦИИ

Войтов В. И.— 37-й рейс «Академика Курчатова» . . .	78
---	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Фомин Д. А., Шумаев Г. В.— Как повысить увеличение зрительных труб и биноклей	84
---	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

Марков М. С.— Луна, особенности строения и наблюдения	88
Мухин Л. М.— «Поиски жизни во Вселенной»	90

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ 93

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

На орбите «Салют-7» [2]; Гамма-излучение Млечного Пути [19]; Были ли квазары предками галактик? [25]; Данные о спутниках планет Солнечной системы [26]; Внутренние волны в Индийском океане [45]; Последний рейс «Гломара Челленджера» [45]; Новые книги [57, 60, 77, 83, 87, 88, 92, 96]; Всесоюзная школа — симпозиум по астрономии [71]; Ионосфера «предчувствует» землетрясение? [77]; Книги 1985 года [91].



На орбите «Салют-7»

Наши читатели уже знают: с 3 по 11 апреля 1984 года проходил полет советско-индийского экипажа, стартовавшего на корабле «Союз Т-11».

Командир корабля «Союз Т-11» — Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР, полковник **Юрий Васильевич Малышев**. Он родился 27 августа 1941 года в городе Николаевске Волгоградской области. В 1963 году окончил Харьковское высшее военное авиационное училище летчиков. Затем служил в Военно-Воздушных Силах. Юрий Васильевич — член Коммунистической партии Советского Союза с 1964 года. В отряде космонавтов Ю. В. Малышев с 1967 года. В 1977 году он заочно окончил Военно-воздушную академию имени Ю. А. Гагарина. Свой первый космический полет Ю. В. Малышев совершил в июне 1980 года в качестве командира корабля «Союз Т-2» и экипажа экспедиции посещения станции «Салют-6».

Бортинженер корабля «Союз Т-11» — Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР **Геннадий Михайлович Стрекалов**. Он родился 28 октября 1940 года в городе Мытищи Московской области. В 1965 году окончил Московское высшее техническое училище имени Баумана и начал работать в конструкторском бюро. Г. М. Стрекалов — член Коммунистической партии Советского Сою-

за с 1972 года. В отряд космонавтов Г. М. Стрекалов был зачислен в 1973 году. Геннадий Михайлович совершил два космических полета: первый — в 1980 году на корабле «Союз Т-3» и орбитальной станции «Салют-6», второй — в апреле 1983 года на корабле «Союз Т-8».

Космонавт-исследователь корабля «Союз Т-11» — гражданин Республики Индии майор **Ракеш Шарма**. Он родился 13 января 1949 года в городе Патиала. В 1966 году он поступил в Национальную академию обороны. После ее окончания Ракеш Шарма начал службу в Индийских Военно-Воздушных Силах. Затем служил в различных эскадрильях, летал на современных самолетах. После окончания курсов летчиков-испытателей Ракеш Шарма принимал участие в испытаниях самолетов различных типов. В 1982 году майор Ракеш Шарма приступил к тренировкам в Центре подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина. Прошел полный курс обучения к полетам на космическом корабле «Союз Т» и орбитальной станции «Салют».

За время полета на борту пилотируемого комплекса «Салют-7» — «Союз Т-10» — «Союз Т-11» международный экипаж полностью выполнил запланированную научную программу, подготовленную совместно учеными и специалистами Советского Союза и Индии. С целью исследования природных ресурсов Земли и изучения окружающей среды в рамках про-

граммы «Терра» космонавты проводили фотографирование территории Индии и отдельных районов акватории Индийского океана. По программе космического материаловедения на технологической установке «Испаритель» выполнен ряд экспериментов, связанных с изучением процессов тепломассопереноса и возможностей получения аморфных металлических материалов в невесомости. В ходе выполнения экспериментов «Баллисто», «Вектор», «Оптокинез», «Профилактика», «Оп-рос», «Йога», «Мембрана», «Анкета» получена новая информация об особенностях адаптации организма человека к условиям космического полета. Перейдя на борт транспортного корабля «Союз Т-10», члены советско-индийского экипажа 11 апреля 1984 года благополучно возвратились на Землю.

Указом Президиума Верховного Совета СССР **орденом Ленина и второй медалью «Золотая Звезда»** награждены летчики-космонавты СССР **Ю. В. Малышев** и **Г. М. Стрекалов**; гражданину Республики Индии космонавту-исследователю **Ракешу Шарме** присвоено звание **Героя Советского Союза** с вручением **ордена Ленина и медали «Золотая Звезда»**; гражданин Республики Индии дублер космонавта-исследователя **Ра-виш Мальхотра** награжден **орденом Дружбы народов**.

Члены советско-индийского экипажа Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР **Ю. В. Малышев**, Герой Советского Союза летчик-космонавт

Продолжение. Начало в №№ 4—6, 1982, №№ 1, 4—6, 1983; №№ 1—3, 1984.



Советско-индийский экипаж (слева направо): Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Ю. В. Малышев, гражданин Республики Индии космонавт-исследователь Ракеш Шарма и Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Г. М. Стрекалов перед полетом
Фотохроника ТАСС

СССР Г. М. Стрекалов и космонавт-исследователь Ракеш Шарма награждены высшей наградой Республики Индии, присуждаемой за героизм и мужество, — **орденом «Ашока Чакра»**.

13 апреля в соответствии с намеченной программой полета Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев и О. Ю. Атьков осуществили перестыковку корабля «Союз Т-11» с агрегатного на переходной отсек станции.

15 апреля 1984 года в 12 ч 13 мин московского времени в Советском Союзе был про-

изведен запуск автоматического грузового корабля «Прогресс-20», доставившего на орбиту топливо для объединенной двигательной установки станции «Салют-7», оборудование, аппаратуру, материалы для проведения научных исследований и обеспечения жизнедеятельности экипажа, а также почту. 17 апреля в 13 ч 22 мин московского времени «Прогресс-20» пристыковался к станции «Салют-7» со стороны ее агрегатного отсека.

В последующие дни экипаж орбитального комплекса был занят разгрузкой транспортного корабля «Прогресс-20», размещением и подготовкой к работе доставленного оборудования. Космонавты перенесли в помещение станции контейнеры с продуктами, агрегаты системы обеспечения жизнедеятельности, средства личной гигиены, установили новый блок химических батарей. С помощью двигательной установки

грузового корабля проведена коррекция орбиты научно-исследовательского комплекса.

23 апреля космонавты Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев осуществили **выход в открытый космос** и выполнили подготовительные операции для планируемых в дальнейшем работ вне станции. Они извлекли из переходного отсека станции специальный трап, находившийся в сложенном виде, контейнеры с инструментом и необходимыми материалами, затем перенесли их к месту работы. Космонавты развернули трап и установили его на внешней поверхности станции. Там же были закреплены контейнеры. Время пребывания Л. Д. Кизима и В. А. Соловьева в открытом космосе составило **4 ч 15 мин**.

26 апреля в 6 ч 40 мин московского времени космонавты Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев **вновь открыли наружный люк станции, вышли на ее внешнюю**

поверхность и перешли в зону проведения работ на агрегатном отсеке. Используя специальные инструменты, космонавты вскрыли защитный экран в зоне расположения отключенной части резервной магистрали объединенной двигательной установки и смонтировали клапан. Были проведены наддув этой магистрали и проверка ее герметичности. Время пребывания Л. Д. Кизима и В. А. Соловьева в открытом космосе составило 5 ч.

29 апреля в 5 ч 35 мин московского времени космонавты Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев в третий раз вышли в открытый космос. Они перешли вдоль станции к агрегатному отсеку и продолжили работы с отключенной частью резервной магистрали объединенной двигательной установки. Помощью специального инструмента космонавты провели необходимые подготовительные работы, установили дополнительную магистраль и проверили ее герметичность. Для обеспечения теплового режима орбитальной станции было восстановлено теплозащитное покрытие. К моменту возвращения Л. Д. Кизима и В. А. Соловьева в помещение станции, время их пребывания в открытом космосе составило 2 ч 45 мин.

В последующие сутки Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев и О. Ю. Атьков завершали запланированные работы с транспортным кораблем «Прогресс-20». Космонавты установили на штатные места большую часть доставленных грузов, с помощью системы «Родник» перекачали питьевую воду в емкости станции.

В соответствии с графиком работ Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев осуществили 4 мая четвертый выход в космическое

пространство. В 3 ч 15 мин московского времени космонавты открыли наружный люк станции и перешли в зону проведения работ на агрегатном отсеке. Командир и бортинженер сняли теплозащитное покрытие, установленное во время предыдущего выхода, смонтировали вторую дополнительную магистраль и проверили ее герметичность. Затем космонавты вновь поставили теплозащитное покрытие, уложили в контейнер инструменты и возвратились в станцию. Время пребывания Л. Д. Кизима и В. А. Соловьева в открытом космосе в этом выходе составило 2 ч 45 мин.

Космонавт-исследователь О. Ю. Атьков, как и в предыдущие выходы Л. Д. Кизима и В. А. Соловьева, находился в рабочем отсеке станции: контролировал функционирование бортовых систем, поддерживал связь с командиром и бортинженером, следя за состоянием их здоровья.

6 мая в 21 ч 46 мин московского времени транспортный корабль «Прогресс-20» был отстыкован от станции «Салют-7». 7 мая, перейдя на траекторию спуска, он вошел в плотные слои атмосферы и прекратил существование.

10 мая 1984 года в 4 ч 10 мин московского времени осуществлена автоматическая стыковка грузового корабля «Прогресс-21» с орбитальным пилотируемым комплексом «Салют-7» — «Союз Т-11». Грузовой корабль был пристыкован к станции со стороны ее агрегатного отсека. Корабль «Прогресс-21» доставил на орбиту топливо для объединенной двигательной установки станции, оборудование, аппаратуру, материалы для проведения научных исследований и обеспечения жизнедеятельности экипа-

жа, а также почту.

В тот же день проводилось медицинское обследование экипажа.

11 мая значительная часть рабочего дня экипажа была отведена разгрузке транспортного корабля «Прогресс-21». Распорядком дня предусматривались также серия экспериментов по оценке параметров атмосферы вблизи орбитального комплекса, регламентные работы на станции, занятия физическими упражнениями.

18 мая в 21 ч 52 мин московского времени космонавты Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев открыли наружный люк и в пятый раз вышли из станции. Они доставили в зону проведения работ контейнеры с дополнительными солнечными батареями, необходимые инструменты и приспособления. Используя специальные конструктивные элементы, механизмы и фиксирующие устройства, космонавты установили и привели в рабочее положение первую дополнительную солнечную батарею. Затем космонавт-исследователь О. Ю. Атьков, находившийся у пульта управления станцией, развернул наращиваемую солнечную батарею на 180 градусов, а командир и бортинженер провели монтаж второй дополнительной панели. Установленные солнечные батареи оснащены эффективными фотоэлементами, изготовленными из арсенида галлия. На этот раз время работы в открытом космическом пространстве составило 3 ч 5 мин.

Впервые космонавты за 100 суток полета на орбитальной станции совершили пять выходов в открытый космос общей продолжительностью 17 ч 50 мин.

(По материалам ТАСС)
Продолжение следует



Эксперимент «Реликт»

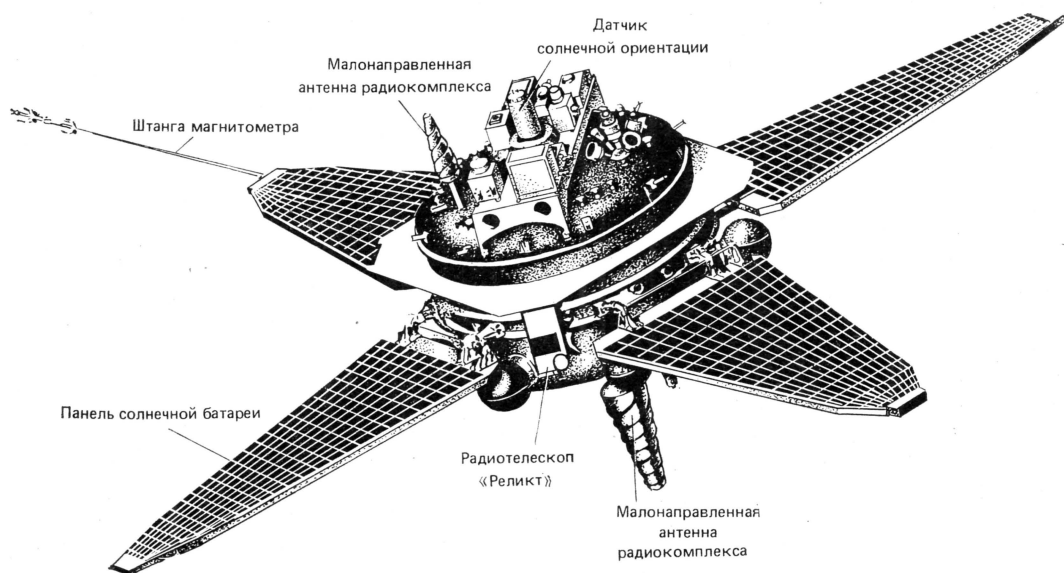
Более года работает на околоземной орбите самый маленький в мире радиотелескоп, установленный на борту высокоапогейного спутника «Прогноз-9» и непрерывно принимающий на волне 8 мм микроволновое фоновое излучение. Оно пришло к нам из далекого прошлого Вселенной.

ОКНО В ПРОШЛОЕ ВСЕЛЕННОЙ

Как известно, космическое микроволновое фоновое излучение было обнаружено в 1965 году американскими радиоастрономами А. Пензиасом и М. Вилсоном (Земля и Вселенная, 1979, № 6, с. 45.—Ред.). Согласно теории горячей Вселенной, в начале расширения вещество и излучение нашей Вселенной имели чрезвычайно высокую плотность

и температуру (Земля и Вселенная, 1969, № 3, с. 5.—Ред.). В процессе расширения Вселенная прошла различные стадии, в том числе и радиационную, когда излучение было доминирующей составляющей Вселенной и находилось в тепловом равновесии с веществом. Вселенная была в тот период непрозрачной для электромагнитного излучения. По мере расширения температура и плотность во Вселенной уменьшились. Когда температура упала ниже 4000 К, произошло отделение вещества от излучения. Оторвавшись от вещества, излучение продолжало расширяться уже независимо от него. И вот это космическое фоновое излучение (его еще называют **реликтовым**, или первичным) и зарегистрировали на волне 7,35 см Пензиас и Вилсон. А за год до этого открытия советские космологи А. Г. Дорошке-

Схема расположения радиотелескопа на спутнике «Прогноз-9»



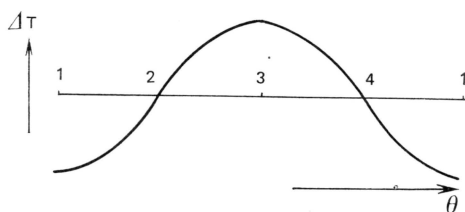
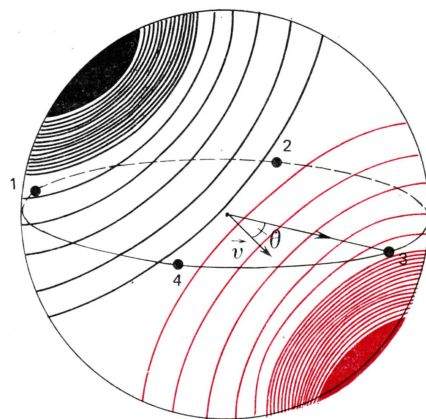
вич и И. Д. Новиков обратили внимание на возможность наблюдения первичного излучения именно в сантиметровом диапазоне волн.

Отделение вещества от излучения происходит вследствие рекомбинации водорода, образующегося путем объединения свободных электронов с протонами. Как следует из расчетов Я. Б. Зельдовича и Р. А. Сюняева, рекомбинация идет очень быстро при красном смещении 1055, когда возраст Вселенной не превышал 1 млн. лет, и ход этого процесса практически не зависит от плотности вещества во Вселенной. Связанные электроны значительно слабее рассеивают фотоны, поэтому-то прекращается взаимодействие излучения с веществом. На протяжении всего времени расширения спектр излучения соответствует спектру абсолютно черного тела, но температура его постепенно уменьшается. Сейчас она составляет $2,9 \pm 0,03$ К.

До эпохи рекомбинации в тех местах, где плотность вещества превышала хотя бы на ничтожную долю среднюю, температура излучения также превышала среднюю. Рекомбинация водорода вскрыла все эти неоднородности. Таким образом, состояние вещества в эпоху прекращения рекомбинации надежно запечатлелось в угловом распределении интенсивности фонового излучения. Измерив распределение этого излучения на небесной сфере, мы можем как бы заглянуть в далекое прошлое Вселенной и «увидеть» ее радиообraz в возрасте 1 млн. лет.

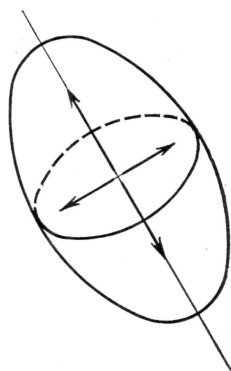
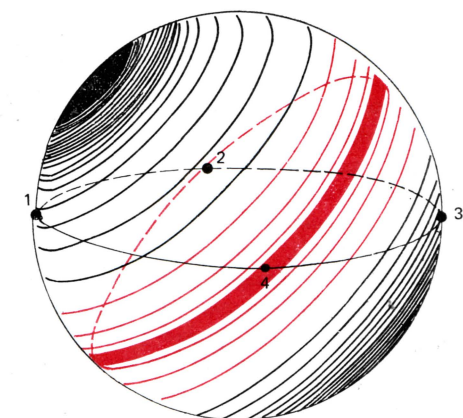
Следует отметить, что фоновое излучение позволяет заглянуть в прошлое Вселенной дальше, чем наблюдение любого другого известного объекта Вселенной, и увидеть начальные возмущения в распределении вещества, рост которых и привел к образованию галактик, их скоплений и сверхскоплений. Эти начальные возмущения должны оставить свои следы в угловом распределении интенсивности фонового излучения.

Теории, развитые советскими космологами Я. Б. Зельдовичем, Р. А. Сюняевым, А. Г. Дорошкевичем, И. Д. Новиковым и зарубежными — Дж. Силком, П. Пиблсом и М. Вилсоном, предсказывают пространственную неоднородность (анизотропию) микроволнового фонового излучения на уровне $\Delta T/T \sim 10^{-4} - 10^{-5}$ (Земля и Вселенная, 1969, № 3, с. 5; 1982, № 6, с. 35.— Ред.). Характерные угловые размеры зародышевых областей, из которых образуются галактики и их скопления, примерно $10'$. Поэтому мелкомасштабная анизотропия

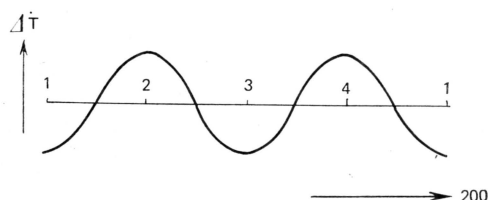


Распределение на небесной сфере интенсивности микроволнового фонового излучения, обусловленное движением Солнечной системы. $\vec{v}$ — вектор скорости движения. Красным цветом показана область повышенной интенсивности излучения. Внизу — распределение температуры фонового излучения вдоль большого круга. Амплитуда синусоиды прямо пропорциональна величине проекции вектора относительной скорости на плоскость круга

фонового излучения исследовалась на больших антеннах с высоким угловым разрешением, в частности, на радиотелескопе РАТАН-600 Специальной астрофизической обсерватории АН СССР. Однако 15-летние попытки обнаружить мелкомасштабную анизотропию фонового излучения (Ю. Н. Парийский и Б. Партридж) привели лишь к оценке ее верхнего предела — меньше $10^{-4} - 10^{-5}$. Так как эти результаты начинают вступать в противоречие с основными космологическими моделями, было высказано предположение, что в период звездообразования произошла вторичная ионизация вещества и Вселенная вновь стала не-



Распределение на небесной сфере интенсивности микроволнового фонового излучения, вызванное возможным анизотропным расширением Вселенной. Справа показан эллипсоид скоростей расширения Вселенной в период рекомбинации. Внизу — распределение температуры фонового излучения вдоль большого круга. Амплитуда синусоиды пропорциональна величине разности максимальной и минимальной скоростей расширения



прозрачной для излучения, поэтому информация о распределении вещества в момент первичной рекомбинации пропадает.

После повторной рекомбинации в распределении фонового излучения также должна наблюдаться анизотропия, но большего углового масштаба — порядка $1-3^\circ$. Между прочим, этот угловой масштаб соответствует масштабу светового горизонта в эпоху первичной рекомбинации. Иными словами, расстояние между двумя точками, находящимися на угловом масштабе более 2° , превышает 1 млн. световых лет. Напомним, что возраст нашей Вселенной к моменту первичной рекомбинации составлял 1 млн. лет и свет, вышедший тогда из одной точки, не успевает дойти до второй.

Таким образом, исследование мелкомасштабной структуры фонового излучения поможет нам разобраться в динамике развития отдельных частей, отдельных фрагментов нашей Вселенной. А как развивалась Вселенная в целом? Всегда ли она расширялась равномерно? Ответить на эти вопросы можно, изучив распределение радиояркой температуры фонового излучения на всей небесной сфере. Кроме того, зная это распределение, можно оценить направление и скорость дви-

жения Солнечной системы относительно фонового излучения.

Что же увидит наблюдатель, перемещающийся относительно фонового излучения? В направлении движения излучение будет испытывать голубое смещение, в противоположном — красное. Иначе говоря, в направлении движения будет наблюдаться «горячий» полюс излучения, а в противоположном — «холодный». Такое отклонение в распределении интенсивности от строго равномерного носит название дипольной составляющей. Чем быстрее движется наблюдатель, тем горячее будет полюс излучения. Поэтому, измерив температуру полюсов дипольной составляющей и определив их положение, можно найти вектор скорости движения наблюдателя относительно системы отсчета, заданной фоновым излучением.

Если скорость расширения Вселенной по разным направлениям неодинакова, то возможны различные ситуации. Например, наблюдается отдельное пятно повышенной (или пониженной) интенсивности реликтового излучения, угловые размеры которого зависят от отношения средней плотности вещества во Вселенной к критической плотности, или слабая дипольная составляющая, амплитуда ко-

торой позволяет вычислить, когда равномерное расширение сменилось на слегка неравномерное. Не исключено, что Вселенная расширяется с наибольшей скоростью вдоль какого-то одного направления. Тогда вдоль этой оси должно наблюдаться два «холодных» полюса излучения. Такое отклонение в распределении интенсивности от равномерного названо квадрупольной составляющей фонового излучения. Возможна, наконец, «пятнистая» структура распределения интенсивности излучения. В этом случае радиояркая карта Вселенной будет напоминать шкуру леопарда.

А насколько должна отличаться температура самого яркого (холодного) пятна от средней температуры фона? Теоретики предполагают, что на десятичную долю градуса.

Пока надежно обнаружена только дипольная составляющая анизотропии фонового излучения, обусловленная движением Солнечной системы. Американские и итальянские радиоастрономы проводили наблюдения на волнах 0,9; 1; 1,2; 1,6 см (радиоизмерительную аппаратуру поднимали на баллонах и самолетах на высоту 20 км).

В конце 60-х годов Н. С. Кардашев предложил наблюдать фоновое излучение с борта искусственных спутников, чтобы уменьшить помехи, связанные с тепловым излучением Земли и ее атмосферы. Кстати, такие наблюдения имеют еще одно преимущество. За 15 лет исследований фонового излучения с высотных самолетов и баллонов американские радиоастрономы потратили на измерения не более 240 часов. Иначе говоря, они в год имели менее 24 часов чистого наблюдательного времени. С той же самой аппаратурой спутниковый эксперимент продолжительностью в один год обеспечивает почти 100%-ный КПД использования времени и эквивалентен полувековому наземному эксперименту.

Первый спутниковый эксперимент «Реликт», в ходе которого измеряется температура фонового излучения в миллиметровом диапазоне волн (8 мм), начат на «Прогнозе-9».

КАК ИЗМЕРИТЬ ТЕПЛОВОЙ КОНТРАСТ В 1/10000 ДОЛЮ ГРАДУСА?

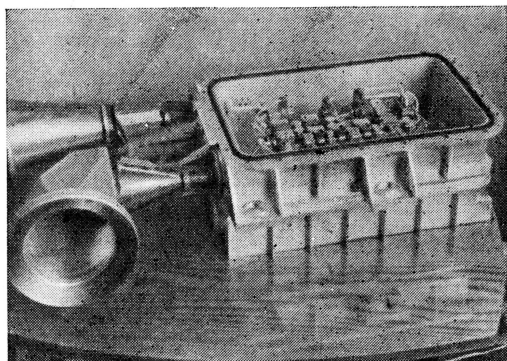
Напомним, что для успешного исследования анизотропии реликтового излучения необходима аппаратура, измеряющая разность температур двух произвольных участков небесной сферы в 10^{-4}° , или разность мощностей в

единичном частотном интервале 10^{-27} Вт. Чтобы понять, насколько мала эта величина, сравним ее с минимальной мощностью сигнала, которую может принять идеальный (нешумящий) усилитель.

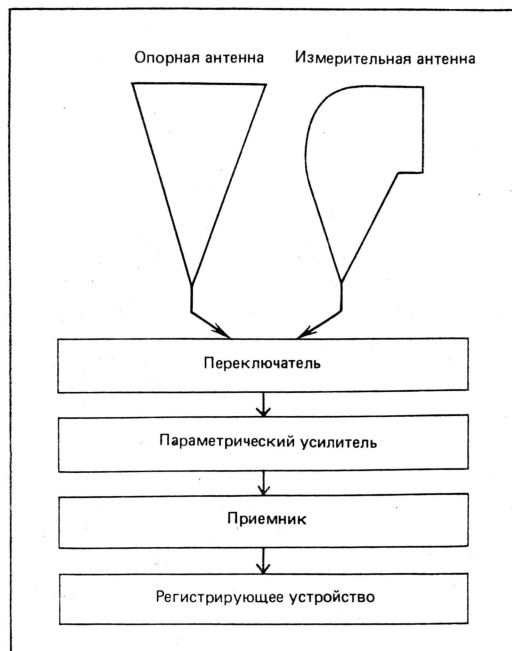
При устранении систематических погрешностей чувствительность любой измерительной установки ограничивается ее внутренними шумами. Казалось бы, если убрать все источники шумов из усилителя, который способен принять сколь угодно малый сигнал, получим нешумящий усилитель. Однако такое предположение ведет к нарушению принципа неопределенности.

Действительно, если приемное устройство имеет единичную полосу частот, оно будет откликаться на воздействия, повторяющиеся не чаще одного раза в секунду. Минимальная порция энергии, на которую реагирует приемная система, равна энергии одного фотона. На рабочей частоте 37 ГГц энергия фотона $2,45 \cdot 10^{-23}$ Дж. А так как приемное устройство регистрирует не более одного фотона в секунду, пороговая мощность составляет $2,45 \cdot 10^{-23}$ Вт (более точные расчеты приводят к величине $3,5 \cdot 10^{-23}$ Вт), то есть на 4 порядка больше разностной мощности, которую необходимо было зарегистрировать. Параметрический усилитель, используемый в эксперименте «Реликт», естественно, имеет большую шумовую мощность ($9,6 \cdot 10^{-22}$ Вт), чем идеальный. Как же измерить столь маленькое различие в мощностях, принимаемых из разных направлений?

Вполне естественно было воспользоваться, как это делали все предыдущие исследователи, дифференциальным методом измерений, то есть мощность, принимаемую с заданного направления, сравнивать с мощностью эталонного источника. Эталонный источник должен иметь чрезвычайно высокую стабильность и находиться при температуре 3 К. Естественным источником, обладающим такими характеристиками, является само реликтовое излучение. Если мы направим опорную антенну радиотелескопа на произвольную площадку небесной сферы и будем во время наблюдения сохранять эту ориентацию, а измерительную антенну будем ориентировать в различные интересующие нас направления, то сможем сравнить мощности излучения, попадающие в опорную и измерительную антенны. Таким образом, в принципе, мы сумеем построить карту распределения интенсивности реликтового излучения на небесной сфере.



Внешний вид радиотелескопа для регистрации интенсивности фонового излучения на волне 8 мм. Масса радиотелескопа 30 кг, энергопотребление 50 Вт



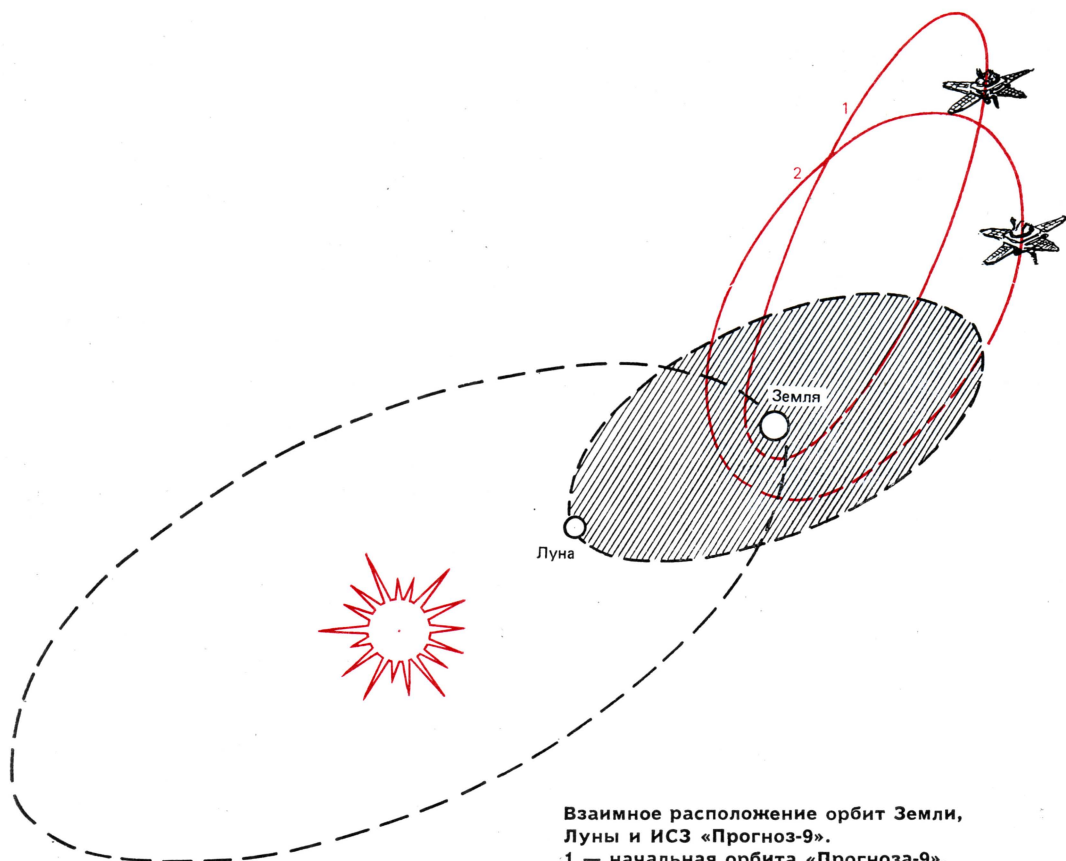
Блок-схема радиотелескопа. Сигналы, поступающие от опорной и измерительной антенны, поочередно подаются на вход усилителя. Затем усиленный сигнал поступает на вход смесительного приемника. Здесь входной сигнал с частотой $37 \pm 0,5$ ГГц преобразуется в полосу частот шириной от 50 до 450 МГц, усиливается и поступает в регистрирующее устройство, где из него выделяется информация о разности интенсивностей первичных сигналов

Остается выяснить, как выделить сигнал, потонувший в шумах аппаратуры? Для этого служит метод, широко используемый в различных областях науки. Так, археологи, исследуя старые документы, многократно фотографируют их в разных спектральных диапазонах, а потом полученные изображения накладываются одно на другое. При этом выявляются детали, невидимые на любом единичном снимке. В основе метода лежит тот факт, что при сложении отношение «сигнал/шум» увеличивается в $\sqrt{N}$ раз, где N — число измерений.

В эксперименте «Реликт» антенна имеет угловое разрешение 6° , следовательно, можно получить карту, содержащую примерно 1500 элементов. Если проводить одно измерение в секунду, то за год каждый элемент наблюдается около трех часов, благодаря чему уровень шума уменьшится в 100 раз, а его необходимо уменьшить в 1 млн. раз. Как же этого достичь? Единственный способ — увеличить число наблюдений, для чего требуется повысить скорость измерений. Известно, что число измерений, которое можно совершить за 1 секунду, пропорционально полосе принимаемых частот. Приемное устройство, входящее в состав радиотелескопа, установленного на борту «Прогноза-9», имеет полосу 400 МГц, что позволяет за 3 часа непрерывных наблюдений выполнить $4,3 \cdot 10^{12}$ измерений. Это дает возможность уменьшить аппаратные шумы в 2 млн. раз.

При создании столь чувствительного приемника пришлось преодолеть немалые технические трудности, перечень которых занял бы не одну страницу текста. Приведу только один наиболее доступный пример. Пусть вам нужно сделать контактное устройство, состоящее из лунки диаметром 3 мкм и пружинки. Пружинкой служит проволочка толщиной в человеческий волос, а длиной 0,5 мм. Эту проволочку-пружинку необходимо изогнуть, придав ей сложный профиль, заострить с одного конца и позолотить. После этого заостренным концом проволочки надо попасть в лунку так, чтобы образовался электрический контакт, позволяющий $4 \cdot 10^{10}$ раз в секунду пропускать по нему электрический ток, плотность которого (10^9 А/м²) превосходит в несколько раз плотность тока в канале ствола молнии. При этом контакт должен надежно работать в течение нескольких лет, а его свойства не должны измениться при выводе спутника на орбиту.

Чтобы создать столь уникальный прибор,



Взаимное расположение орбит Земли, Луны и ИСЗ «Прогноз-9».

1 — начальная орбита «Прогноза-9»,
2 — орбита спустя год после запуска

необходимо одновременно быть и Левшой, и укротителем молний, уметь возбуждать электромагнитные колебания сложной формы с длиной волны в несколько миллиметров, научиться рассчитывать антенны, излучение которых в перпендикулярном к оси направлении было бы подавлено в сотни миллионов раз, и уметь еще многое и многое другое. Конечно, решение всех возникших проблем непосильно для одного человека. Успех пришел только благодаря самоотверженному труду сотрудников Института космических исследований АН СССР, ОКБ ИКИ АН СССР и ряда промышленных предприятий. И все же экспериментальные трудности не ограничились только созданием уникальной аппаратуры.

Стремление избежать или ослабить воздействие теплового излучения Земли и Луны потребовало максимально удалить от них спутник. На орбитах с апогеем более 1 млн. км уже начинает сказываться притяжение к Солнцу, и существующий разброс скорости запуска спутника делает вероятным захват его

Солнцем. Поэтому для «Прогноза-9» была выбрана орбита с апогеем 700 000 км и перигеем 1000 км.

Вначале точки пересечения спутником плоскости лунной орбиты находились внутри этой орбиты, а Луна была далеко от спутника в тот момент, когда он пересекает данную плоскость. Со временем орбита спутника «разбухает», и одна из точек пересечения приближается к лунной орбите. Расхождение периодов вращения Луны и спутника может привести со временем к их сближению и столкновению спутника с Луной. Возможность существования такой орбиты в течение года впервые была показана в 1979 году советскими специалистами в области баллистики П. Е. Эльясбергом, Н. А. Эйсмонтом и А. И. Шейхедом.

НА ОРБИТЕ «ПРОГНОЗ-9»

И вот все трудности позади. Наступил день запуска. В ночь с первого на второе июля

1983 года с волнением ждем первого сеанса связи. С борта спутника поступает информация: ровная шумовая дорожка, сигнал глубоко потонул в шумах аппаратуры и может быть выделен только после длительной обработки. Но у нас появилась уверенность, что аппаратура работает нормально. Начались регулярные наблюдения.

«Прогноз-9» вращается с периодом 2 минуты вокруг оси, направленной на Солнце. Опорная антенна радиотелескопа ориентирована вдоль оси вращения спутника на антисолнечную точку и все время принимает излучение с одного и того же направления. Измерительная антенна радиотелескопа «смотрит» в направлении, перпендикулярном оси вращения, и за полный оборот спутника вокруг оси обзора на небесной сфере кольцо большого круга шириной 6° . При этом каждый элемент наблюдается в течение двух секунд. Опорная и измерительная антенны подключаются поочередно с частотой 1 кГц ко входу усилителя, и на выходе приемного устройства появляется усиленный сигнал, пропорциональный разности радиояркостных температур излучения, принимаемого антеннами. Так строится радиоизображение кольца небесной сферы. Одно и то же кольцо наблюдается в течение семи суток. В итоге производится $2 \cdot 10^{12}$ измерений каждого элемента кольца. Экспериментальные данные регистрируются запоминающим устройством, находящимся на борту «Прогноза-9». Раз в четверо суток информация по каналам связи передается на Землю.

Раз в семь суток по команде с Земли происходит переориентация оси вращения спутника (из-за суточного движения Земли вокруг Солнца ось вращения спутника смещается приблизительно на 1° в сутки относительно направления на Солнце) так, чтобы она вновь была направлена на Солнце, и на небесной сфере наблюдается соседнее кольцо, сдвинутое по отношению к первоначальному на 7° . Периодически переориентируя спутник, за полгода можно обозреть всю небесную сферу.

Несмотря на сильную вытянутость орбиты спутника, в отдельных областях небесной сферы могут наблюдаться «блики», обусловленные излучением Земли и Луны, которое попадает в приемную систему. Чтобы уменьшить воздействие теплового излучения Луны, Земли и Солнца, антенны радиотелескопа имеют ребристую поверхность. Благодаря этому удалось снизить на несколько порядков уровень сигнала,

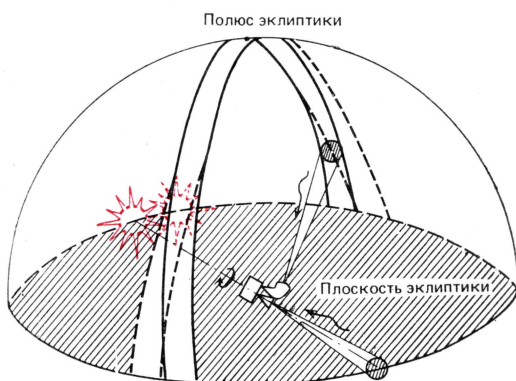


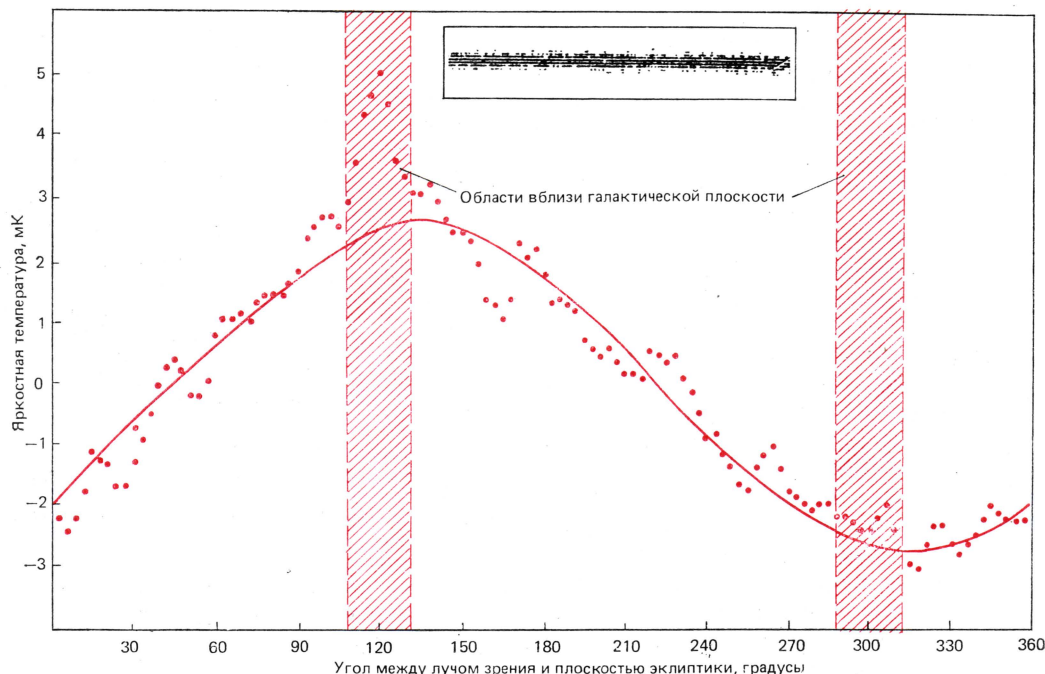
Схема обзора небесной сферы в эксперименте «Реликт».

Опорная рупорная антенна радиотелескопа «смотрит» в антисолнечную точку, измерительная, рупорно-параболическая благодаря вращению спутника вокруг оси прочерчивает на небесной сфере кольцо. Пунктиром показано первичное кольцо обзора, сплошной линией — кольцо обзора после переориентации спутника

ла, принимаемого с боковых направлений, но все же не устранило полностью возможность попадания этого излучения в антенны.

Выполненные наблюдения позволяют сделать предварительные суждения о том, как перемещается наша Галактика в пространстве. Она движется со скоростью около 515 км/с в направлении ближайшего скопления галактик в созвездии Девы, но не точно на скопление. Угол между вектором скорости движения и направлением на скопление составляет приблизительно 50° . Если перпендикулярная скорость движения Галактики обусловлена сверхскоплением, по ее величине можно оценить в окрестности 70 Мпк отношение средней плотности вещества к критической. Оценки приводят к величине 0,1—0,2. Но из этого нельзя сделать вывод о том, что наша Вселенная — открытая, бесконечно расширяющаяся. Данные о плотности вещества в относительно небольшом объеме пространства не могут быть распространены на Вселенную в целом.

Удивительно ярко сияет на волне 8 мм область Млечного Пути, что создает дополнительные трудности в исследовании анизотропии реликтового фона. Излучение, наблюдаемое в достаточно широком 60° -градусном



Сигнал, обусловленный движением Солнечной системы относительно реликтового излучения, полученный после обработки информации, принятой ИСЗ «Прогноз-9» 7—13 июля. Амплитуда синусоиды определяется величиной скорости движения. На врезке — запись информации, принятой радиотелескопом и не подвергнутой машинной обработке. Синусоидальный сигнал не обнаруживается, так как он находится «под шумами» аппаратуры

экваториальном поясе Галактики, несет ценнейшую информацию о распределении горячей галактической плазмы. Возможно, в дальнейшем будут обнаружены оболочки горячей плазмы около ближайших галактик и их скоплений.

В областях, где мало сказывается влияние излучения Галактики, не удалось выявить анизотропию реликтового фона даже на уровне $2 \cdot 10^{-4}$ К. Обработка всей поступившей информации позволит еще на порядок снизить этот предел или обнаружить отклонения в распределении интенсивности излучения. Но для окончательного вывода о наличии анизотропии потребуются измерения на других, более высо-

ких частотах, чтобы определить спектральный индекс источника излучения.

И все же самым главным достижением эксперимента «Реликт» является безукоризненная работа уникального радиотелескопа, превосходящего по своим характеристикам все зарубежные аналоги. Есть надежда, что уже в ближайшем будущем величина минимально обнаружимого им сигнала уменьшится в 3 раза. И тогда космический эксперимент «Реликт» предоставит информацию о ряде космологических особенностей Вселенной, зашифрованных в анизотропии реликтового излучения, о распределении на небесной сфере скоплений и сверхскоплений галактик, а может быть, и о новых космических радиоисточниках коротковолнового диапазона длин волн.



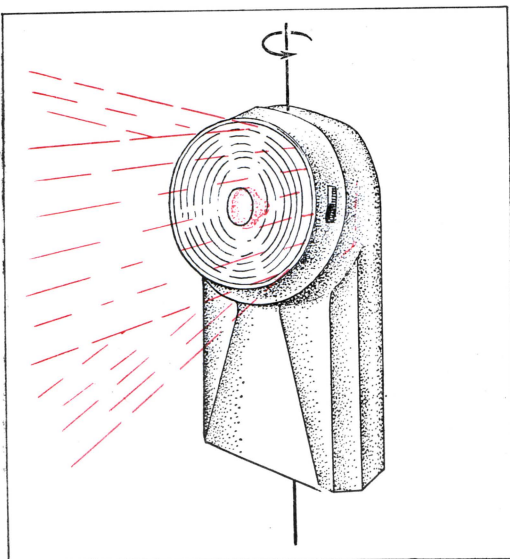
Электродинамика радиопульсаров

На поверхности нейтронных звезд могут существовать чрезвычайно сильные магнитные поля, с которыми, в конечном счете, и связано наблюдаемое радиоизлучение пульсаров.

Практически сразу после неожиданного открытия в 1967 году пульсирующие радиоисточники были отождествлены с вращающимися нейтронными звездами (Земля и Вселенная, 1971, № 2, с. 19; 1974, № 2, с. 23.—Ред.). Действительно, лишь вращение компактных звезд позволяет объяснить очень малые периоды повторения всплесков радиоизлучения (характерные периоды пульсаров — 0,3—2 с) и чрезвычайную стабильность повторения этих импульсов (например, пульсар с периодом 1,5 мс обладает стабильностью частоты, превышающей современные атомные стандарты).

Нейтронные звезды, значительный объем которых занят сгустком ядерного вещества, должны образовываться в результате коллапса (катастрофического сжатия) обычных звезд, исчерпавших запасы своего ядерного горючего. В таких звездах гравитационные силы уравновешиваются не давлением газа, как в обычных звездах, и не давлением вырожденных электронов, как в белых карликах, а давлением сильно сжатого нейтронного вещества. Именно поэтому при массе порядка солнечной нейтронные звезды должны иметь радиус лишь около 10 км.

Удивительно, что нейтронные звезды, предсказанные еще в 30-х годах, практически и не пытались искать. Публиковались теоретические работы о строении нейтронного вещества — гигантской капли ядерной жидкости, о сверхтекучести такого вещества, однако при этом считалось, что нейтронные звезды — мертвые объекты, никак себя не проявляющие. Каза-



Вращающийся фонарик — простейшая аналогия регулярности радиовсплесков пульсаров

лось, например, совершенно невероятным, что сильное гравитационное поле, в 10^{11} раз большее, чем у поверхности Земли, позволило бы заряженным частицам покидать поверхность звезды и образовывать достаточно плотную магнитосферу. Теперь мы знаем, что магнитосферы окружают все радиопульсары. В плазме, заполняющей магнитосферы, генерируется радиоизлучение пульсаров.

Наряду с радиопульсарами были обнаружены рентгеновские пульсары, а также источники нерегулярных всплесков в рентгеновском и гамма-диапазонах. Активность этих объектов также связывают с процессами, происходящими вблизи поверхности нейтронных звезд. Впрочем, в этой статье речь пойдет только о радиопульсарах — одиночных нейтрон-

ных звездах. В отличие от них рентгеновские пульсары — компоненты двойных систем.

К сожалению, мы еще далеки от понимания всех процессов, ответственных за наблюдаемое радиоизлучение пульсаров. В частности, совершенно неясен механизм их излучения. До последнего времени не была определена даже структура магнитного поля в магнитосфере пульсара. Тем не менее на основе большого числа работ, посвященных пульсарам, сейчас можно хотя бы качественно объяснить основные наблюдательные характеристики радиоизлучения. Но прежде чем это сделать, расскажем о физических условиях в окрестностях нейтронных звезд.

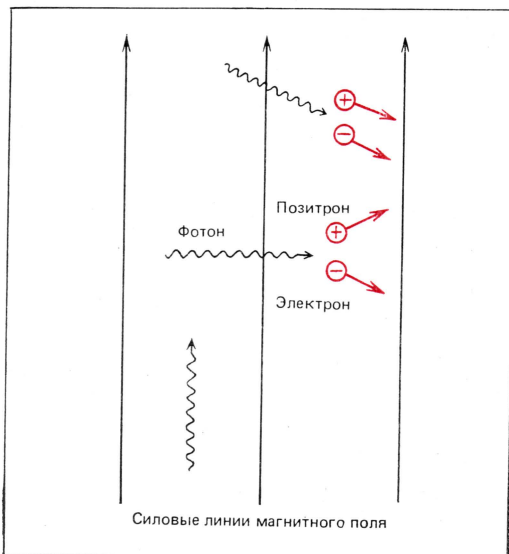
РОЛЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Важнейшая особенность всех радиопульсаров — нейтронных звезд — сильные электромагнитные поля. На поверхности нейтронных звезд напряженность магнитного поля может достигать 10^{12} Гс, то есть в 10^{12} раз превосходить напряженность магнитного поля Земли.

Конечно, истинный источник активности пульсаров — не само магнитное поле, а энергия вращения звезды. Неудивительно поэтому, что все радиопульсары постепенно замедляются, теряя энергию на излучение. Однако в той области, где происходит излучение радиоволн, плотность энергии магнитного поля заведомо превышает плотность энергии излучающих частиц. Магнитное поле служит как бы передаточным ремнем, связывающим вращающуюся звезду и источник радиоизлучения.

Кроме того, именно существование сильного магнитного поля позволило понять, почему нейтронная звезда должна быть окружена плотной магнитосферой, заполненной плазмой. Дело в том, что вращающаяся намагниченная нейтронная звезда будет создавать вокруг себя также и электрическое поле. Сила, действующая со стороны такого поля на любую заряженную частицу, например электрон, намного больше силы тяжести. Поэтому практически сразу после обнаружения пульсаров сложилось впечатление, что магнитосфера может быть легко заполнена электронно-ионной плазмой, вырывающейся с поверхности звезды сильным электрическим полем. Однако этот вывод оказался необоснованным.

Оказалось, что нейтронная звезда очень быстро остывает. Согласно расчетам, уже через несколько тысяч лет после образования нейтронной звезды температура ее поверхно-



Гамма-квант, движущийся под углом к силовым линиям магнитного поля, может превратиться в электрон-позитронную пару. Без магнитного поля такой процесс невозможен, так как нарушался бы закон сохранения импульса. Магнитное поле — именно та среда, которая способна принять на себя «лишний» импульс. Если же фотон движется параллельно силовым линиям магнитного поля, то рождение пары невозможно

сти снизится до 1 млн. К. Конечно, сама по себе эта температура очень велика (более чем в 150 раз превышает температуру солнечной поверхности), но, поскольку поверхность нейтронной звезды сложена достаточно плотным веществом (порядка 10^4 г/см³), температура плавления такого вещества должна быть больше 1 млн. К. Кстати, то, что температура поверхности нейтронных звезд действительно меньше 1 млн. К, дают и прямые измерения, выполненные недавно с борта рентгеновского спутника «Эйнштейн». В результате поверхность нейтронных звезд в отличие от всех других известных нам звезд должна быть... твердой!

Чтобы заряженная частица смогла покинуть нейтронную звезду, она должна преодолеть некоторый потенциальный барьер, который оказался настолько высок, что электрическое поле вряд ли способно эффективно вырывать частицы с поверхности пульсара. Казалось, теория пульсарных магнитосфер возвратилась

на исходные позиции. Однако к этому времени в арсенале астрофизиков уже был очень красивый механизм генерации частиц прямо в магнитосфере пульсара — конверсия (превращение) жестких гамма-квантов в электронно-позитронные пары, которая может происходить лишь в достаточно сильном магнитном поле.

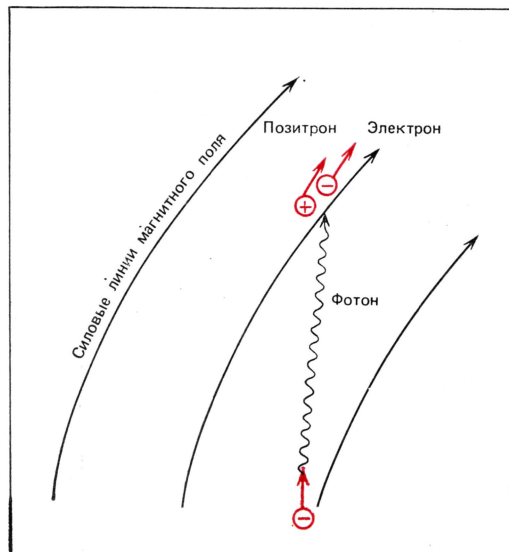
Правда, необходимо было еще выяснить, могут ли возникать вблизи поверхности нейтронной звезды жесткие гамма-кванты. Ответ на этот вопрос не заставил себя долго ждать: гамма-кванты излучаются электронами и позитронами, рождающимися в магнитосфере пульсара.

РОЖДЕНИЕ ПАР

В магнитном поле любая заряженная частица движется по спирали и, следовательно, испытывает ускорение. Синхротронное излучение, связанное с таким ускоренным движением, приведет к тому, что частица через некоторое время станет перемещаться вдоль магнитных силовых линий. В магнитных полях, существующих вблизи поверхности нейтронных звезд, длительность такого процесса очень мала. Даже если электрон (или позитрон) в момент рождения имел некоторую скорость, направленную поперек магнитной силовой линии, он практически мгновенно начинает двигаться вдоль силовых линий магнитного поля и перестанет терять энергию на синхротронное излучение. Но излучать эти частицы все-таки будут. Дело в том, что кроме магнитного поля в магнитосфере пульсара имеется еще и электрическое поле.

Компонента электрического поля, перпендикулярная магнитному полю, заставит все частицы дрейфовать в направлении, перпендикулярном электрическому и магнитному полям. Излучение при этом, конечно, не возникнет. Параллельная компонента электрического поля способствует быстрому ускорению частиц. Поскольку же магнитные силовые линии в магнитосфере пульсара искривлены, то частицы, движущиеся вдоль таких силовых линий, будут испытывать ускорение, а значит, терять энергию на излучение.

Продольное электрическое поле, возникающее в магнитосфере, достаточно велико для того, чтобы гамма-кванты, испускаемые частицами за счет движения вдоль искривленных силовых линий магнитного поля, могли превращаться в электрон-позитронные пары. По



Электроны, движущиеся вдоль искривленных силовых линий магнитного поля, испытывают ускорение. Фотоны, хотя и излучаются главным образом лишь вдоль направления магнитного поля, благодаря той же кривизне силовых линий постепенно начинают двигаться под все большим и большим углом к магнитным силовым линиям и в итоге превращаются в электрон-позитронные пары

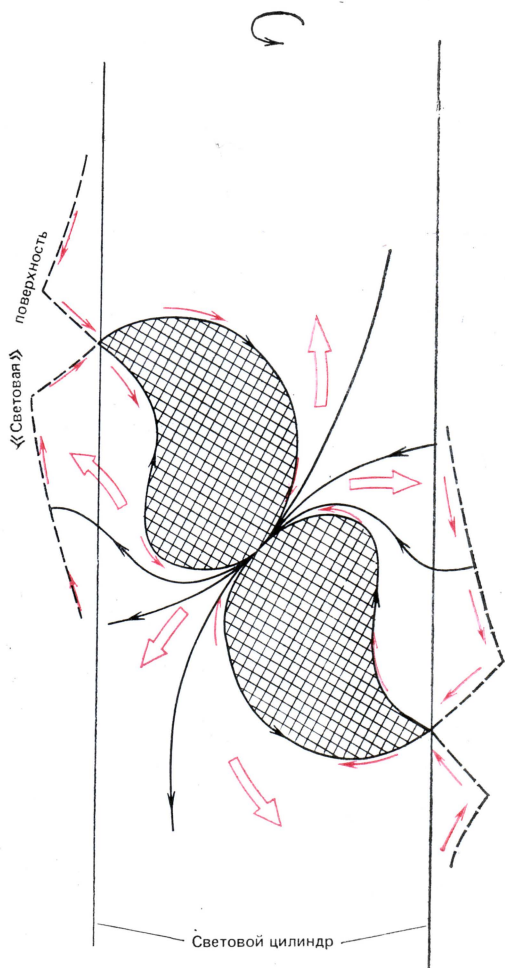
всей вероятности, именно такой механизм рождения частиц приводит к генерации плазмы в магнитосфере пульсара.

Поскольку каждая частица, ускоренная электрическим полем, излучает много фотонов и, следовательно, рождает много вторичных электрон-позитронных пар, число вторичных частиц лавинообразно нарастает. Достаточно лишь небольшого количества первичных частиц, чтобы магнитосфера пульсара заполнилась плазмой. Утверждалось даже, будто появление в магнитосфере одного электрона (или фотона) может привести к тому, что вся она окажется заполненной электронно-позитронной плазмой. Как бы то ни было, необходимые для заполнения магнитосферы первичные частицы вполне могут быть испущены с поверхности пульсара.

СТРУКТУРА МАГНИТОСФЕРЫ

Рождение электрон-позитронных пар продолжается лишь до тех пор, пока плазма не

закранирует параллельную компоненту электрического поля, которая только может ускорять заряженные частицы. При этом перпендикулярная компонента электрического поля станет такой, что благодаря дрейфовому движению все заряженные частицы будут вращаться вместе со звездой как твердое тело. Но это вращение возможно лишь на тех силовых линиях, которые не сильно удалены от поверхности пульсара. Если же силовые линии выходят за пределы «светового цилиндра»



Структура магнитосферы пульсара, ось вращения которого не совпадает с осью магнитного диполя. Заштрихована область замкнутых силовых линий. Пунктиром очерчена «световая» поверхность, на которой происходит дополнительное ускорение истекающей плазмы. Стрелками показано направление электрического тока, циркулирующего в магнитосфере

(цилиндра, на котором скорость частиц, необходимая для совместного со звездой вращения, достигает скорости света), то частицы, двигаясь вдоль таких силовых линий, могут покидать магнитосферу.

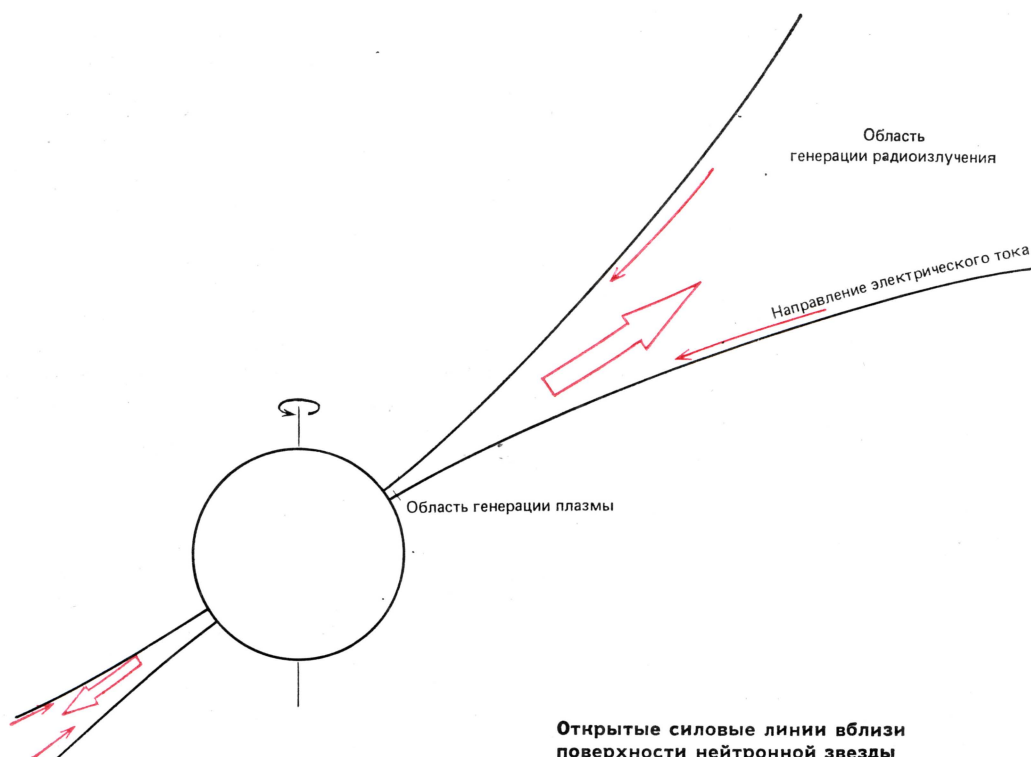
Таким образом, электронно-позитронная плазма, заполняющая область открытых силовых линий, будет непрерывно вытекать за пределы светового цилиндра и, значит, она должна непрерывно генерироваться около поверхности звезды. Поэтому вблизи магнитных полюсов пульсара, откуда выходят открытые силовые линии магнитного поля, как раз и должно происходить каскадное рождение электронно-позитронной плазмы. Лишь здесь, вблизи поверхности звезды, существует продольное электрическое поле, ускоряющее частицы. Это приводит, в частности, к тому, что плазма, истекающая вдоль открытых силовых линий, уже не вращается вместе со звездой, как твердое тело. В результате поверхность, на которой дрейфовая скорость приближается к скорости света, уже не совпадает со световым цилиндром.

Движения зарядов, экранирующих продольную компоненту электрического поля, и частиц вдоль открытых силовых линий порождают в магнитосфере пульсара электрические токи. Они искажают дипольное магнитное поле лишь на больших расстояниях от звезды — вблизи светового цилиндра, радиус которого в несколько тысяч раз превосходит радиус звезды. Следовательно, около пульсара магнитное поле остается практически таким же, как если бы в магнитосфере вообще не было плазмы. Поэтому здесь открытые силовые линии образуют очень узкий конус. Плазма, рождающаяся в основании этого конуса, вытекает вдоль открытых силовых линий за пределы магнитосферы.

ЗАМЫКАНИЕ ТОКОВ

Движущаяся из магнитосферы плазма порождает электрический ток, который стекает с поверхности звезды. Он связан с потоком первичных³ частиц, ускоряемых электрическим полем, и поэтому направление тока определяется направлением продольного электрического поля около поверхности пульсара.

Оказалось, что (за исключением случая, когда ось магнитного диполя перпендикулярна оси вращения) с обоих магнитных полюсов нейтронной звезды будет истекать заряд одного и того же знака. Очевидно, что в магни-



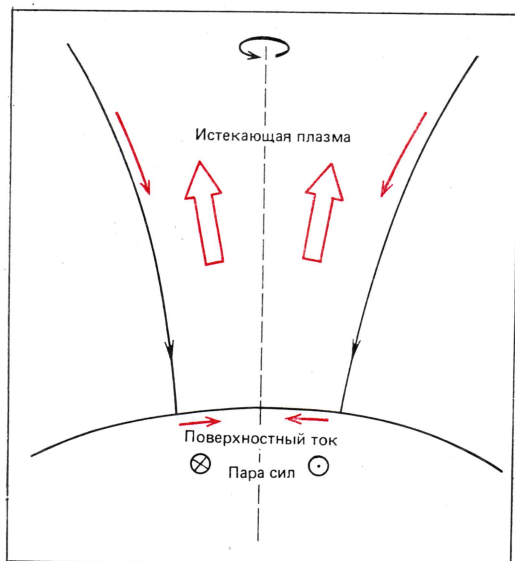
Открытые силовые линии вблизи поверхности нейтронной звезды

тосфере обязательно возникнут также и обратные токи, возвращающие заряд на поверхность нейтронной звезды, поскольку в противном случае ее полный заряд непрерывно увеличивался бы с течением времени. Но на звезду должны возвращаться далеко не все истекающие частицы, так как вторичная электронно-позитронная плазма электрически нейтральна и поэтому не переносит электрического заряда. Поскольку каждая первичная частица рождает много вторичных электрон-позитронных пар, то для замыкания тока достаточно возратить на звезду лишь малую часть истекающих частиц. Остальная плазма, не несущая суммарного заряда, может свободно покинуть магнитосферу.

Как же происходит замыкание тока в магнитосфере пульсара? Заряженные частицы, вытекающие из магнитосферы вдоль открытых силовых линий, вблизи светового цилиндра попадают в область, где скорость дрейфового движения формально становится равной скорости света. (Еще раз подчеркнем, что эта поверхность не совпадает со световым цилиндром.) Вблизи такой «световой» поверхности частицы уже не дрейфуют в направлении, перпендикулярном электрическому

полю, а начинают двигаться вдоль этого поля и, следовательно, набирают энергию. Плазма, истекающая из пульсара, проходит еще одну стадию ускорения.

Этот вывод мы обсудим чуть позже, когда будем говорить об энергетических потерях пульсаров. Нам же сейчас важно то, что вблизи «световой» поверхности электроны и позитроны, имеющие разные знаки электрического заряда, будут ускоряться в разные стороны. Вдоль такой поверхности формируется сильная струя электрического тока, текущая перпендикулярно магнитным силовым линиям. Достигнув границы замкнутой магнитосферы, обратный ток продолжает свое движение к звезде уже вдоль силовых линий магнитного поля. Следовательно, электрический ток, вытекающий с поверхности звезды вдоль открытых силовых линий, возвращается обратно лишь вблизи сепаратриссы, разделяющей области замкнутых и открытых силовых линий. Заметим, что аналогичным образом замыкаются токи в магнитосфере Земли. В частности, полярные сияния как раз связаны с таким интенсивным продольным током, возвращающимся вблизи магнитных полюсов на поверхность Земли.



Замыкание токов на поверхности пульсара. Для простоты показан случай, когда магнитная ось параллельна оси вращения. Силы, действующие перпендикулярно плоскости рисунка, создают тормозящий момент, который уменьшает скорость вращения звезды

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ ПУЛЬСАРА

Итак, каскадное рождение частиц вблизи поверхности звезды приводит к образованию вторичной электронно-позитронной плазмы, вытекающей за пределы светового цилиндра, и к возникновению замкнутого тока, циркулирующего в магнитосфере. Эти токи в конечном счете и определяют энергетические потери пульсара. Правда, до сих пор считалось, что энергия вращения нейтронной звезды тратится на излучение магнитодипольной волны, частота которой как раз равна частоте вращения пульсара. Такая волна действительно должна излучаться вращающимся магнитным диполем, если его магнитная ось не совпадает с осью вращения.

Конечно, этот вывод справедлив, строго говоря, лишь для магнитного диполя, вращающегося в вакууме. Предполагалось, однако, что заряженные частицы, находящиеся в магнитосфере, не могут существенно повлиять на магнитодипольное излучение. Такая уверенность основывалась, в частности, на том факте, что плотность энергии заряженных частиц, согласно оценкам, должна быть много

меньше плотности энергии электромагнитного поля. И все же этот вывод оказался неправильным. Электрические токи, текущие в магнитосфере, заметно искажают магнитное поле вблизи светового цилиндра. Это как раз и означает, что влиянием плазмы пренебрегать нельзя.

И действительно, плазма, заполняющая магнитосферу пульсара, полностью экранирует магнитодипольное излучение вращающейся нейтронной звезды. Вернее, волна, излучаемая частицами, которые вращаются вместе со звездой как твердое тело, находится точно в противофазе по отношению к магнитодипольной волне, испускаемой пульсаром, благодаря чему полное излучение такой системы отсутствует. Звезда будет терять энергию лишь в том случае, если в магнитосфере пульсара циркулирует электрический ток и, следовательно, плазма, находящаяся в области открытых силовых линий, не вращается вместе со звездой как твердое тело.

Торможение звезды происходит следующим образом. Как уже говорилось, электрические заряды покидают звезду со всей поверхности полярной шапки, а возвращаются обратно лишь вблизи ее границы. Поэтому на поверхности звезды обязательно возникнут токи, замыкающие ток, текущий в магнитосфере. Такие поверхностные токи будут пересекать силовые линии магнитного поля. Известно, что в этом случае на звезду действует сила, которая как раз и тормозит ее вращение. Если же продольный электрический ток в магнитосфере отсутствует, то пульсар не будет замедляться.

В пределах светового цилиндра энергия, теряемая звездой, переносится частицами, ускоренными вблизи поверхности, и электромагнитным полем. Вдоль открытых силовых линий излучение, как по волноводу, проходит сквозь магнитосферу к световому цилиндру. За пределами световой поверхности это излучение выйти не может. Дело в том, что, как уже было показано, вблизи световой поверхности плазма, истекающая из магнитосферы, испытывает дополнительное ускорение. Это ускорение происходит как раз за счет энергии, переносимой электромагнитным полем, так что вблизи световой поверхности плотность энергии плазмы сравнивается с плотностью энергии электромагнитного поля. В результате за пределы магнитосферы уходит не вакуумная магнитодипольная волна, как считалось раньше, а магнитогидродинамиче-

ская волна, в которой заряженные частицы переносят заметную долю энергии, теряемой пульсаром.

В заключение — несколько слов о наблюдаемом радиоизлучении пульсаров. Согласно распространенной сейчас точке зрения, оно происходит в области открытых силовых линий, а энергия излучения черпается из энергии плазмы, истекающей из магнитосферы. Подчеркнем, что радиоизлучение — лишь малая часть от полных потерь энергии нейтронной звезды. Большую часть энергии должна уносить магнитогидродинамическая волна, частота которой совпадает с частотой вращения пульсара. Такое низкочастотное излучение, однако, не может достигнуть Земли, так как оно сильно поглощается в межзвездной среде. Радиоизлучение же пульсаров (характерные частоты 10^2 — 10^3 МГц) достигает Земли без существенного поглощения.

Механизм радиоизлучения нам пока не известен. Тем не менее ясно, что истекающая электронно-позитронная плазма должна быть релятивистской (ее скорость близка к скорости света), и поэтому все частицы будут излучать преимущественно вдоль своего движе-

ния. Если же излучение радиоволн происходит не очень далеко от звезды, то благодаря направленности открытых силовых линий все радиоизлучение, независимо от механизма его генерации, сосредоточится в пределах достаточно узкого конуса. Вращаясь вместе со звездой, такая диаграмма направленности «пробежит» один круг за время одного оборота звезды, а неподвижный наблюдатель видит последовательные всплески радиоизлучения.

Конечно, все это — не более чем грубая схема, причем предложенная десять с лишним лет назад, когда структура магнитосферы начинала вырисовываться только в самых общих чертах. Последовательная теория радиоизлучения пока не построена, главным образом потому, что не определена еще структура магнитосферы пульсара. Сейчас появилась надежда, что понимание физических процессов, происходящих в магнитосфере, позволит вскоре разгадать и механизм радиоизлучения пульсаров.

Гамма-излучение Млечного Пути

Группа английских и австралийских астрофизиков, изучив данные, полученные с борта космической обсерватории COS-B, показала, что области Млечного Пути, яркие в гамма-диапазоне, проецируются на плотные массивные облака межзвездного газа. Теперь убедительно доказана крупномасштабная связь источников гамма-излучения с основной компонентой межзвездной среды — молекулярным водородом (Земля и Вселенная, 1981, № 3, с. 24.— *Ред.*). Но природа источников гамма-излучения до сих пор окончательно не установлена.

В последние годы с помощью спутника COS-B было детально изучено распределение яркости Млечного Пути в гамма-диапазоне (энергия фотонов $E_\gamma \geq 50$ МэВ). Если исключить несколько ярких гамма-источников, связанных с молодыми пульсарами и с неотождествленными пока

объектами, распределение гамма-излучения по диску Галактики в точности повторяет распределение излучения молекулы CO, которое можно считать надежным индикатором количества межзвездного вещества в данном направлении. Из этого факта, вообще говоря, можно сделать два вывода: 1) либо происхождение гамма-излучения связано с большим количеством слабых источников, которые детектор на спутнике не может разделить; 2) либо гамма-излучение действительно связано с межзвездной средой (Земля и Вселенная, 1981, № 4, с. 4.— *Ред.*). Большинство исследователей сейчас склоняются ко второму выводу: считается, что гамма-излучение возбуждается в межзвездном газе космическими лучами, в основном быстрыми протонами. Источником космических лучей, по-видимому, являются сверхновые звезды, которые сами тесно связаны с межзвездной средой: от рождения массивной звезды до ее

взрыва как сверхновой происходит всего несколько миллионов лет, поэтому звезда не успевает покинуть место своего рождения (Земля и Вселенная, 1976, № 1, с. 54.— *Ред.*).

И все-таки, хотя сейчас с полным основанием можно считать, что галактическое гамма-излучение распределено так же, как межзвездный газ, пока еще нельзя утверждать окончательно, что его происхождение связано именно с этим газом. Вполне возможно, что обнаруженное гамма-излучение рождено не диффузной средой — газом, — а компактными дискретными источниками, сконцентрированными в плотных газовых облаках. Окончательно проблема галактического гамма-излучения будет решена лишь после того, как на орбите начнут работать гамма-телескопы нового поколения с более высоким угловым разрешением.

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 1984, 206, 2



Плутон — далекий и загадочный

Фигурально выражаясь, Плутон устанавливает один рекорд за другим. В 30-е годы он был лишь рекордсменом по удаленности от Солнца, эксцентриситету и наклону орбиты к основной плоскости планетных орбит. Теперь оказалось, что это — самая маленькая планета. Не исключено, Плутон побьет еще один рекорд — минимальной средней плотности.

18 февраля 1930 года молодой ассистент обсерватории Ловелла во Флагстаффе (США) К. Томбо обнаружил девятую планету Солнечной системы — Плутон. Довольно скоро астрономы определили элементы орбиты новой планеты: эксцентриситет 0,25, наклон к эклиптике — 17° (у Меркурия 7° , у остальных планет менее 3°), расстояние от Солнца примерно 39,4 а. е., период обращения — 248 лет.

Открытие Плутона не было случайным. Еще за четверть века до этого известный американский астроном П. Ловелл (1855—1916) начал изучать остававшиеся после открытия Нептуна отклонения в движении Урана. Ловелл приписывал их воздействию на Уран некоей «планеты Х», находящейся за орбитой Нептуна. Расчеты и первый этап поисков этой планеты завершились в 1916 году безрезультатно. В 1929 году К. Томбо возобновил поиски и 18 февраля 1930 года нашел планету всего в 3° от положения, предсказанного Ловеллом.

Орбита Плутона отличалась от вычисленной орбиты «планеты Х», но меньше, чем, скажем, орбита Нептуна от орбит, рассчитанных У. Леверье и Дж. Адамсом (так, у орбиты Плутона большая полуось была лишь на 3,5 а. е. меньше расчетной, а в случае с Нептуном расхождения достигали 7 а. е.).

Чтобы отметить роль Ловелла в открытии

Плутона, сообщение о новой планете было задержано до 13 марта — дня 75-летия Ловелла, а самой планете было присвоено обозначение $\mathbb{P}$, что представляет собой монограмму не только из первых двух букв названия планеты, но и из инициалов Персиваля Ловелла.

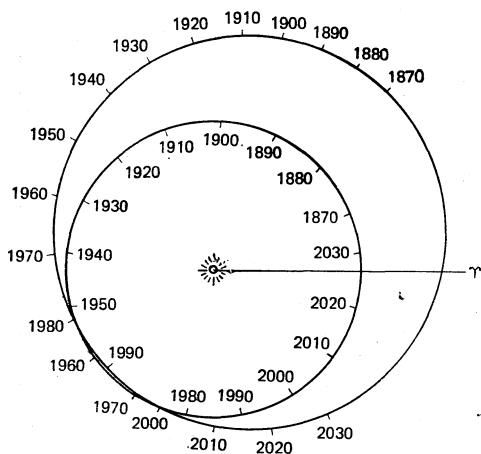
И все же был ли Плутон «виновником» тех отклонений в движении Урана, которыми руководствовались в поисках планеты Ловелл и Томбо?

МАССА И РАЗМЕРЫ

Длительное время считали, что размеры и масса Плутона близки к земным, хотя никаких оснований для этого не было. В первом издании справочника К. Аллена «Астрофизические величины» (1955 г.) приведены: радиус Плутона 7200 км, а масса — 0,9 массы Земли. Это значение массы фигурировало в справочниках до 1968 года.

Но еще в 1950 году известный американский астроном Дж. Койпер на крупнейшем в то время 5-метровом телескопе обсерватории Маунт Паломар измерил видимый диаметр Плутона. Ему соответствовал линейный диаметр 5900 км, а с учетом некоторых поправок — даже 4900 км. При массе в 0,9 массы Земли и таких значениях диаметра получались совершенно нереальные значения средней плотности Плутона — 50 и 90 г/см³.

В ночь с 28 на 29 апреля 1965 года представился случай проверить измерение Койпера. Путь Плутона по небу проходил вблизи звезды 15-й величины, и, если бы его диаметр превосходил 4400 км, он закрыл бы ее, хоть на мгновение. Но наблюдения на двенадцати обсерваториях мира не обнаружили эффекта покрытия. Значит, измерение Койпера было близко к истине. Плутон мог быть только меньше, но никак не больше полученного им значения диаметра. Но это означало, что



Орбиты Нептуна и Плутона.
Горизонтальная линия — линия узлов (пересечения плоскостей орбит). Из-за наклона орбиты Плутона к орбите Нептуна «пересечение» обеих орбит в действительности не имеет места

оценка массы Плутона неверна, она должна быть по крайней мере в 10—20 раз меньше принятой величины. Чему же она равна?

Американские астрономы Р. Данкомб, П. Сейдельман и другие провели громадную работу по учету возмущений в движении Нептуна, вызываемых, как они полагали, Плутоном. Обработав свыше 5000 наблюдений Нептуна, они сначала получили массу Плутона, равную 0,18, а затем 0,11 массы Земли. Но даже при последнем значении массы и диаметре 4400 км плотность девятой планеты получалась 15 г/см³, что опять-таки было нереально.

Постепенное уменьшение оценок массы Плутона вызвало ироническое замечание французского журнала «Science et vie» («Наука и жизнь»), перепечатанное советским еженедельником «За рубежом». «Если будет так продолжаться,— писал журнал,— Плутон к 1990 году растеряет всю свою массу и перестанет существовать». Эта шутка повлекла за собой недоуменные вопросы читателей «Земли и Вселенной» (1973, № 1, с. 78).

Точно определить массу Плутона удалось лишь недавно. 22 июня 1978 года американский астроном Дж. Кристи с помощью 155-сан-

тиметрового рефлектора Морской обсерватории США во Флагстаффе открыл у Плутона спутник, названный Хароном (Земля и Вселенная, 1979, № 2, с. 40; 1980, № 2, с. 30.—Ред.). Расстояние между планетой и ее спутником невелико — лишь 20 000 км, период его обращения в точности равняется периоду вращения Плутона — 6,39 суток. Этих данных было достаточно, чтобы по третьему закону Кеплера найти массу Плутона. Она составляет всего-навсего 0,002 массы Земли, то есть в 6 раз меньше массы Луны.

Теперь становится понятно, почему усилия Р. Данкомба и его коллег определить массу Плутона из возмущений в движении Нептуна были заранее обречены на неудачу. При такой ничтожной массе Плутон не мог оказать заметных возмущений на движение Нептуна, тем более что из-за соизмеримости их периодов обращения вокруг Солнца обе планеты никогда не сближаются теснее, чем на 18 а.е. Даже к Урану Плутон подходит ближе — на 14 а.е.

Малая масса Плутона давно уже породила серию гипотез, пытающихся разрешить противоречие между данными небесно-механических расчетов и оценками массы Плутона. Так, еще в 40-е годы было высказано предположение, что Плутон — самый большой объект из гипотетического пояса астероидов, расположенного за орбитой Нептуна. Суммарная масса астероидов этого пояса может во много раз превышать массу Плутона и вызывать заметные возмущения в движении Урана и Нептуна. Известна гипотеза о существовании еще одной — десятой планеты Солнечной системы. Ее искали (особенно долго и упорно — К. Томбо), но безуспешно.

Вернемся к реальному Плутоно, оставив на время гипотезы. Чтобы составить хотя бы приблизительное представление о строении планеты, надо определить ее плотность, а для этого необходимо измерить диаметр. Такую же информацию требовалось получить и о вновь открытом спутнике Плутона — Хароне. На все это ушло немногим больше двух лет.

Задачу измерения диаметра Плутона решили английские астрономы С. Арнольд и А. Боксенберг и американский астроном У. Сарджент с помощью метода спекл-интерферометрии (Земля и Вселенная, 1980, № 2, с. 32.—Ред.). Диаметр планеты равен 3000 км, если диск Плутона фотометрически однороден, и 3600 км, если он имеет заметное потемне-

ние к краю¹. Так или иначе, Плутон сравним по размерам с Луной. Это значит, что именно Плутон, а не Меркурий — самая маленькая из больших планет Солнечной системы.

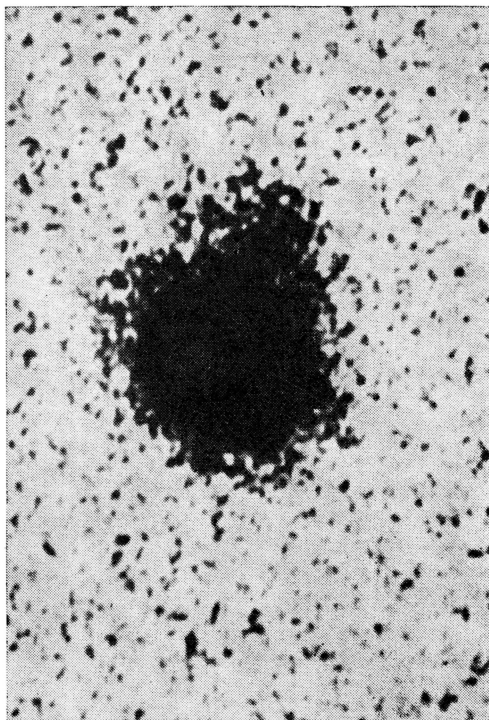
ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ ПЛУТОН?

До сих пор считалось, что наименьшей плотностью в Солнечной системе обладает Сатурн ($0,7 \text{ г/см}^3$). Но сравните приведенные выше результаты: размеры Плутона такие же, как у Луны, а масса в 6 раз меньше. Это значит, что плотность Плутона может составлять от $0,5 \text{ г/см}^3$ (если диаметр Плутона 3600 км) до $0,8 \text{ г/см}^3$ (если его диаметр равен 3000 км). Так что пока неизвестно, какая из планет имеет наименьшую плотность: Сатурн или Плутон. Однако уже ясно, что Плутон состоит в основном из рыхлых льдов, образованных замерзшими летучими веществами, входившими некогда в первичное околосолнечное облако.

Прежде чем продолжить наш рассказ о Плутоне, следует подчеркнуть важное отличие его внутреннего строения от строения планет-гигантов. Планеты-гиганты снаружи имеют газовую оболочку, под которой находится слой жидкого молекулярного водорода, еще ниже — слой водорода, перешедшего в металлическое состояние, и наконец, глубоко внутри — небольшое ядро из твердых пород (Земля и Вселенная, 1974, № 1, с. 50.—Ред.). Плутон, скорее всего, весь состоит из рыхлого льда, поскольку давление в его центре из-за малой массы сравнительно невелико и не влияет существенно на изменение строения его вещества с глубиной. Впрочем, модель внутреннего строения Плутона еще предстоит построить на основе точных математических расчетов.

Подобное представление о Плутоне дополняют и астрономические наблюдения. Еще в 1976 году американский астроном Д. Крукшенк со своими коллегами, изучая спектр отражения Плутона, заподозрил наличие на его поверхности метанового инея (Земля и Вселенная, 1977, № 5, с. 57.—Ред.). Совсем недавно, в 1980 году, Ю. Финк (США) обнаружил в спектре Плутона полосы поглощения метана, что как будто говорило в пользу существования у этой планеты метановой атмосферы.

¹ Новые определения диаметра Плутона на интерферометре позволили астрономам обсерватории Стюарт (США) подтвердить меньшее значение диаметра — 3000 км.



Изображение Плутона и Харона, полученное 22 июня 1978 года с помощью 155-сантиметрового рефлектора Морской обсерватории США (негатив). Зернистость фотослоя искажает изображения (пятнышки вокруг — тоже зерна фотослоя). Харон кажется «выступом» на Плутоне, хотя он находится от его края на расстоянии семи диаметров планеты

Но здесь возникают два возражения. Во-первых, при такой массе и размерах ускорение силы тяжести на поверхности Плутона должно быть в 30—40 раз меньше, чем на поверхности Земли, и вряд ли он сможет удержать заметную атмосферу. По оценке Ю. Финка, давление атмосферы Плутона в 6700 раз меньше давления земной атмосферы, то есть оно таково, как у нас на высоте 63 км. Но даже такую разреженную атмосферу в условиях Плутона удержать трудно.

Во-вторых, температура поверхности Плутона (без учета атмосферы) крайне низкая — около 45 К. Это гораздо ниже точки замерзания метана (89 К). Поэтому трудно ожидать,

чтобы существенное количество метанового инея перешло в газообразное состояние.

Более тщательное изучение этого вопроса американскими астрономами Д. Хантеном и А. Уотсоном с учетом реальной термической структуры и теплового баланса атмосферы Плутона показало, однако, что она устойчива и стабильна. Более того, атмосфера создает заметный парниковый эффект, так что температура поверхности Плутона равна 58 К вместо 45 К.

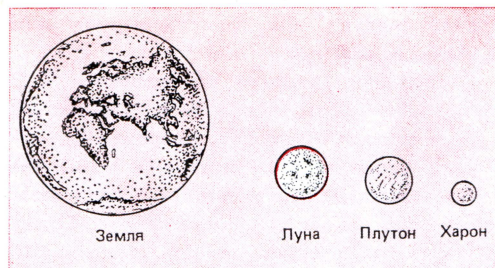
Зная размеры Плутона и его блеск, можно рассчитать его альбедо (отражательную способность). При диаметре 3000 км оно равно 0,32. Это значение слишком низко для сплошной ледяной поверхности, поэтому разумнее предположить, что лед покрывает поверхность планеты лишь частично, а другая часть покрыта более темным веществом. Каким? Скальными породами? Но этому противоречит низкая средняя плотность планеты. Скорее, темное вещество — это мелкая пыль силикатного состава, вкрапленная в метановый лед. Возможно, строение поверхности Плутона напоминает немного ядра комет, также состоящие из загрязненного льда.

СПУТНИК ПЛУТОНА — ХАРОН

Поскольку период обращения Харона в точности равен периоду вращения Плутона, на небе Плутона спутник висит неподвижно в одной и той же точке, положение которой зависит от координат воображаемого наблюдателя. Вероятнее всего, Харон обращен к Плутону одной стороной, как Луна к Земле.

Орбитальные и физические характеристики систем Земля — Луна и Плутон — Харон

	Система Земля — Луна	Система Плутон — Харон
Расстояние (км)	384 000	20 000
Период обращения (сут.)	27,32	6,39
Планета: масса (Земля=1)	1,000	0,0023
диаметр (км)	12 750	~ 3 000
плотность (г/см ³)	5,5	0,8?
период вращения (сут.)	1,00	6,39
Спутник: масса (Земля=1)	0,0122	0,0002
диаметр (км)	3480	~ 1300
плотность (г/см ³)	3,3	0,8?
период вращения (сут.)	27,32	6,39?
Отношение масс планета/ /спутник	81,3	~ 12

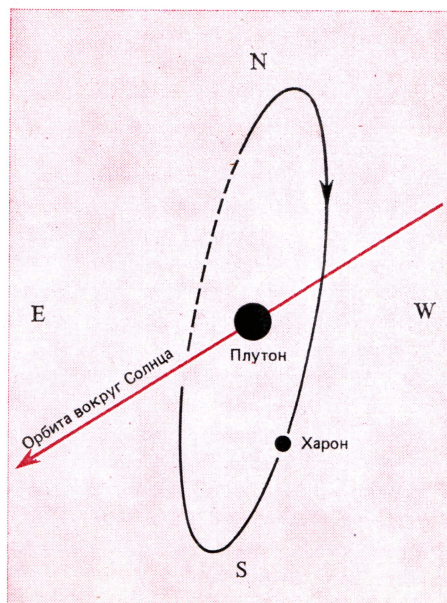


Сравнительные размеры Земли, Луны, Плутона и Харона

Видимый диаметр диска Харона на небе Плутона в 9 раз больше, чем диск Луны.

Первые определения диаметра Харона дали значение около 1000 км, последующие — 1300 км. 6 апреля 1980 года Плутон проходил очень близко от звезды 12-й величины. В 23 часа 39 минут Всемирного времени произошло покрытие звезды, продолжавшееся 50 секунд. Но закрыл звезду не Плутон, а Харон, потому что в этот момент звезда была на расстоянии 1'' от края диска Плутона (угловой диаметр Плутона равнялся 0,14'').

Орбита Харона вокруг Плутона. Направление движения самого Плутона по орбите вокруг Солнца показано стрелкой (по данным Морской обсерватории США)



Отсюда следует, что диаметр Харона никак не меньше 1200 км.

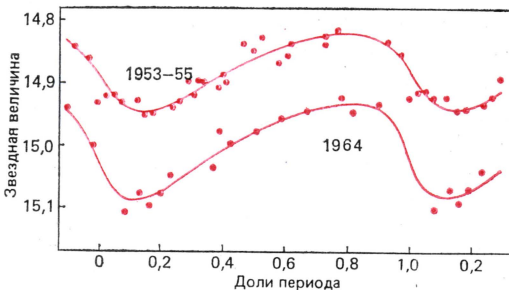
Сотрудники Морской обсерватории США определили положение орбиты Харона. Она наклонена на 65° к плоскости орбиты Плутона, а если учесть, что направление вращения Плутона вокруг собственной оси противоположно обращению планеты вокруг Солнца, то этот угол следует принять равным 115° .

При условии, что плотность Харона равна плотности Плутона, отношение масс планеты и спутника в этой системе равно 12, против 81 в системе Земля — Луна. Таким образом, система Плутона предлагает нам еще один рекорд: наибольшее в Солнечной системе отношение массы спутника к массе своей планеты.

Французские астрономы Д. Бонно и Р. Фуа с помощью спекл-интерферометра, установленного на 3,6-метровом рефлекторе обсерватории Мауна Кеа на Гавайях, разделили изображения Плутона и Харона и определили, что альbedo Харона равно 0,2. При таком альbedo Харон с поверхности Плутона должен выглядеть большим, но довольно тусклым диском. Ведь освещенность его Солнцем даже в перигелии в 900 раз слабее, чем освещенность Луны. Но поскольку альbedo Харона в 3 раза больше, чем альbedo Луны, яркость его поверхности не в 900, а только в 300 раз меньше яркости поверхности Луны. Освещенность от Харона во время «полнохарония» на поверхности Плутона из-за больших видимых размеров его диска будет лишь в 4—5 раз меньше освещенности от полной Луны.

СТРАННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БЛЕСКА

Еще в середине 50-х годов были установлены периодические изменения блеска Плутона. Их период составлял 6,39 суток, который американские астрономы М. Уокер и Р. Харди правильно объяснили вращением планеты. Вызывает удивление характер этих колебаний: медленный рост блеска планеты, занимающий 0,7 периода, сменяется быстрым спадом. Спустя 10 лет характер колебаний блеска Плутона не изменился, но... Плутон стал на 0,1 звездной величины слабее, хотя за это время он приблизился к Солнцу и к Земле, а значит, должен был, наоборот, стать ярче. К 1971 году Плутон ослабел еще на 0,1 звездной величины. Итак — перед нами две новые загадки далекой планеты.



Изменение блеска Плутона в 1953—1955 и в 1964 году. Заметно понижение яркости Плутона за 10 лет (по данным Р. Харди)

Впрочем, асимметрию кривой блеска Плутона можно объяснить своеобразным расположением более светлых и более темных (загрязненных пылью) областей на его поверхности. С одной стороны, они сменяют друг друга постепенно, а с другой — между ними лежит как бы резкая граница.

Роль Харона в этих колебаниях блеска незначительна. Орбита его расположена так, что ее плоскость пока еще не проходила через Землю, но в ближайшие 2—3 года это должно случиться. Тогда в течение некоторого периода мы сможем наблюдать затмения Харона Плутоном. Харон примерно в 5 раз (на 1,6 звездной величины) слабее Плутона, и в случае затмения общий блеск Плутона и Харона упадет на 20%, то есть на 0,25 звездной величины. Скорость Харона на его орбите составляет 0,23 км/с, поэтому заход диска Харона за Плутон (частная фаза затмения) будет продолжаться 1,6 часа, полное затмение — до двух часов, но, может быть, и меньше, в зависимости от взаимного расположения обоих тел.

Как же объяснить, что с приближением к Солнцу и к Земле Плутон темнеет? Видимо, единственное разумное объяснение этого — испарение метановых льдов. С приближением к Солнцу на Плуtone повышается температура, хотя и незначительно. За последние 30 лет Плутон приблизился к Солнцу на 7 а. е., приток солнечного тепла к поверхности планеты возрос в 1,5 раза, но... это должно вызвать на Плуtone «потепление» всего на $4\text{--}5^\circ$. Вместо 40 будет 45 К. Вряд ли это приведет к существенному испарению метановых льдов с его поверхности. Более низкие температуры заморозания, чем у метана,

имеют азот (63 K) и кислород (55 K). Однако пока никаких признаков присутствия азотного и кислородного льдов на Плутоне не обнаружено. Так отчего же тогда темнеет поверхность? Загрязнение в результате выпадения метеоритной пыли? Почему же это происходит именно теперь? Ведь Плутон сейчас расположен на 17° севернее эклиптики, то есть удален от основной плоскости планетных орбит (где можно ожидать сгущения межпланетной пыли) на 13,5 млн. км.

Таков Плутон — далекий и загадочный. Как он образовался? Не был ли он в прошлом спутником Нептуна (Земля и Вселенная, 1979, № 2, с. 47.—Ред.)? Как взаимодействуют его поверхность и атмосфера? Ответы на эти вопросы дадут дальнейшие исследования.

Были ли квазары предками галактик?

Американский астроном Б. Гастон изучила материалы десяти наиболее полных обзоров неба, предпринятых с целью поиска далеких квазаров, и пришла к выводу, что пространственная плотность квазаров в прошлом была меньше, чем современная плотность массивных галактик или даже только тех из галактик, в центральных областях которых заметны признаки активности. Этот вывод делает несостоятельным мнение некоторых астрономов, будто каждая крупная галактика была когда-то квазаром.

Уже 20 лет, с тех пор, как были открыты квазары, астрономов интересует эволюционная связь этих объектов с галактиками. Сейчас почти не осталось сомнений, что грандиозное энерговыделение, связанное с квазаром, происходит в ядрах массивных галактик. Согласно наблюдениям, в прошлом квазаров было значительно больше, чем сейчас. Этот факт вызвал к жизни гипотезу о том, что каждая массивная галактика в молодости прошла стадию квазара. Проверить гипотезу трудно: чтобы определить, какой была пространственная плотность квазаров миллиарды лет назад, нужно изучить их распределение на расстоянии миллиардов световых лет от нашей Галактики. На таком удалении даже квазары с их гигантской светимостью выглядят звез-



дочками 20—22^м. А ведь установить, является ли данная «звездочка» квазаром, можно, лишь получив ее спектр и измерив в нем положение линий известных элементов. Для решения подобных задач созданы особые спектральные приборы — «гризмы» (от англ. grating — решетка, prism — призма) — призмы с нанесенными на одну из их граней штрихами дифракционной решетки. Эти приборы помогли обнаружить самые далекие квазары с красным смещением до 3,78. Но для статистических исследований такие далекие квазары не подходят — их очень мало. Поэтому Б. Гастон исследовала распределение квазаров в интервале красных смещений 1,8—2,5, что соответствует расстояниям от $8,6 \cdot 10^9$ до $9,5 \cdot 10^9$ световых лет. Квазаров в этой области много (70 новых обнаружила сама Б. Гастон) и все они значительно моложе близких к нам галактик.

Определение пространственной плотности далеких квазаров потребовало скрупулезного учета множества эффектов селекции, поскольку выявление объектов проводилось на

пределе чувствительности приборов. Некоторую неоднозначность в результаты работы Б. Гастон внесло и то, что закон расширения Вселенной в прошлом пока точно не известен. От того, насколько отличалась от современной скорость расширения Вселенной миллиарды лет назад, зависит соотношение между скоростью удаления квазара от нас и его расстоянием. А, не зная расстояния, нельзя вычислить по видимой яркости квазара его абсолютную светимость.

С учетом возможных неопределенностей и ошибок Б. Гастон оценила пространственную плотность квазаров, светимость которых равна или превышает светимость нашей Галактики: $1,2 \cdot 10^{-6}$ — $4,8 \cdot 10^{-5}$ квазара на 1 Мпк³. Сравнивая это значение с современной пространственной плотностью галактик ($7,8 \cdot 10^{-3}$ Мпк⁻³) — таких же или более ярких, чем наша, — или с пространственной плотностью активных галактик ($5 \cdot 10^{-5}$ Мпк⁻³), убеждаемся, что раньше квазаров было значительно меньше, нежели сейчас крупных галактик или даже только галактик с активными ядрами.

Astrophysical Journal, 1983, 272,

2

Данные о спутниках планет Солнечной системы

Номер. Название	Год открытия	Орбитальный радиус (10 ³ км)	Орбитальный период (сутки)	Эксцентриситет	Наклонение (град.)	Радиус (км)	Звездная величина
Спутник Земли							
Луна	—	384,4	27,322	0,055	5,1	1 738	—12,7
Спутники Марса (2)							
МI Фобос	1877	9,38	0,319	0,015	1,02	14 11 9	11,6
МII Деймос	1877	23,46	1,262	0,001	1,82	(8) 6 (5)	12,7
Спутники Юпитера(16)							
JXVI Метис	1979—80	127,96	0,295	(0)	(0)	(20)	17,4
(Metis)							
JXV Адрастея	1979	128,98	0,298	(0)	(0)	12 10 8	18,9
(Adrastea)							
JV Амальтея	1892	181,3	0,498	0,003	0,45	135 85 75	14,1
JXIV Теба	1979—80	221,9	0,675	0,013	(0,9)	35 ? 45	(15,5)
(Thebe)							
JI Ио	1610	421,6	1,769	0,004	0,04	1 815	5,0
JII Европа	1610	670,9	3,551	0,009	0,47	1 569	5,3
JIII Ганимед	1610	1 070	7,155	0,002	0,21	2 631	4,6
JIV Каллисто	1610	1 880	16,689	0,007	0,51	2 400	5,6
JXIII Леда	1974	11 094	238,7	0,148	26,1	(5)	20,2
JVI Гималия	1904—05	11 480	250,6	0,158	27,6	(90)	14,8
JX Лиситея	1938	11 720	259,2	0,107	29,0	(10)	18,4
JVII Элара	1904—05	11 737	259,7	0,207	24,8	(40)	16,7
JXII Ананке	1951	21 200	631	0,17	147	(10)	18,9
JXI Карме	1938	22 600	692	0,21	164	(15)	18,0
JVIII Пасифе	1908	23 500	735	0,38	145	(20)	17,7
JIX Синопе	1914	23 700	758	0,28	153	(15)	18,3
Спутники Сатурна(17)							
SXV Атлас	1980	137,67	0,602	0,002	0,3	(19) ? (13)	18
(Atlas)							
1980 S27	1980	139,35	0,613	0,004	0,0	70 (50) (37)	16,5
1980 S26	1980	141,70	0,629	0,004	0,1	(55) (42) (33)	16
SX Янус	1966	151,47	0,695	0,007	0,1	110 95 80	14,5
SXI Эпиметий	1966	151,42	0,694	0,009	0,3	(7) 57) (50)	15,5
SI Мимас	1789	185,54	0,942	0,020	1,52	196	12,9
SII Энцелад	1789	238,04	1,370	0,004	0,02	250	11,8
SIII Тефия	1684	294,67	1,888	0,000	1,86	530	10,3
SXIII Телесто	1980	294,67	1,888	?	?	? (12) (11)	19
SXIV Калипсо	1980	294,67	1,888	?	?	(15) (12) (8)	18,5
SIV Диона	1684	377,42	2,737	0,002	0,02	560	10,4
1980 S6	1980	377,42	2,737	0,005	0,2	(18) ? (<15)	18,5
SV Рея	1672	527,04	4,518	0,001	0,35	765	9,7
SVI Титан	1655	1 221,86	15,945	0,029	0,33	2 575	8,4
SVII Гиперион	1848	1 481,1	21,277	0,104	0,43	175 117 (100)	14,2
SVIII Япет	1671	3 561,3	79,331	0,028	(7,52)	730	10,2—11,9
SIX Феба	1898	12 954	550,4	0,163	175	110	16,5
Спутники Уран (5)							
UV Миранда	1948	129,4	1,414	0,027	4,22	(200)	16,5
UI Ариэль	1851	191,0	2,520	0,003	0,31	665	14,4
UII Умбриэль	1851	266,3	4,144	0,005	0,36	555	15,3
UIII Титания	1787	435,9	8,706	0,002	0,14	800	14
UIV Оберон	1787	583,5	13,463	0,001	0,10	815	14,2
Спутники Нептуна (2)							
NI Тритон	1846	355,3	5,877	< 0,001	159	(1 750)	13,6
NIИ Нереида	1949	5 510	360,21	0,75	27,6	(200)	18,7
Спутник Плутона							
PI Харон	1978	19,7	6,387	(0)	(0)	(500)	17

Примечание: заключенные в скобки величины известны с точностью до 10%. Наклонения спутниковых орбит указаны относительно экватора планеты для внутренних спутников и относительно плоскости планетной орбиты — для внешних. У ряда спутников приведены три радиуса, соответствующие осям трехосного эллипсоида. Дана визуальная звездная величина спутника в средней оппозиции. У спутников, открытых в 1979—1980 годах, названия еще не имеют устойчивого русского написания, поэтому в скобках эти названия даны по-латыни. Таблица заимствована из журнала «Sky and Telescope», 1983, 66, 5.



Полярные сияния — от мифов до спутников

Понять происхождение этого загадочного и величественного явления природы издавна пытались лучшие умы человечества. Но лишь в середине XX столетия стало ясно, что полярные сияния возбуждаются космическими заряженными частицами, «бомбардирующими» верхнюю атмосферу Земли.

В высоких широтах во время длительной полярной ночи наблюдаются необычайно красивые полярные сияния. Внезапно на темном небе, освещенном слабым светом далеких звезд, от горизонта до горизонта вспыхивает яркая светящаяся полоса. Поразительная игра красок сопровождает это фантастическое явление: зеленовато-желтый цвет переходит в фиолетовый, темно-красный, красный. Сияния быстро сменяют друг друга, напоминая движущиеся к зениту волны света. Как будто бы громадные складчатые занавеси тысячекилометровой длины колышутся на небосводе, озаряя скованное льдом полярное море и заснеженную тундру.

Изучение природы полярных сияний имеет не только научный интерес, ведь сияния — это одно из проявлений процессов, которые оказывают влияние на жизнь людей. Сияния нарушают высокочастотную радио- и телевизионную связь, ослабляют радиосигналы спутников связи. Сильные полярные сияния сопровождаются индукцией интенсивных токов в высоковольтных электролиниях, которые приводят иногда к срабатыванию защитных реле и отключению электросистем, питающих электроэнергией обширные районы. Индуцируемые электрические поля увеличивают подвижность ионов в новых арктических нефтепроводах, что приводит к ускорению процессов коррозии. Рентгеновское излучение, возникающее при торможении энергичных электронов в атмосфере, может в будущем представить опас-

ность для пассажиров авиалайнеров, если высота полета реактивных самолетов возрастет еще больше. В последние годы значительное количество научных исследований было посвящено изучению взаимосвязи авроральных и метеорологических явлений.

ИЗ ГЛУБИН ИСТОРИИ

Письменные свидетельства о полярных сияниях восходят еще к VIII веку до н. э. В поэме «Теогония» древнегреческого поэта Гесиода упомянуты «пылающие небеса» и «огненные летающие драконы». Не исключено, что происхождение мифа о горе Олимп, где, по преданиям, обитали боги древних греков, связано с изредка наблюдавшимися в северной Греции полярными сияниями. Но первое достоверное описание полярного сияния в древнем мире сделал Аристотель в своем классическом трактате «Метеорология»: «Иногда ночью при ясной погоде на небе можно увидеть явления кроваво-красного цвета, имеющие форму рвов и ущелий». (Красный цвет весьма характерен для свечения в средних и низких широтах во время геомагнитных бурь.) Не прошли мимо загадочного небесного феномена и древнекитайские хроники. Каталог полярных сияний, составленный по данным старинных рукописей, начинается с события 687 года до н. э. и охватывает наблюдения, проводившиеся в первом тысячелетии н. э. Многочисленные ссылки на полярные сияния встречаются в средневековых шотландских хрониках и скандинавских сагах.

В русских летописях наиболее раннее сообщение о сияниях относится к 919 году. «Сея же зимы погоре небо и столбы сгненные ходили от Руси ко Греции сражающеся», — приводит В. Н. Татищев в своей «Истории Российской с древнейших времен» выдержку из летописи. Полярные сияния были во время битвы на Дону русских князей с половцами

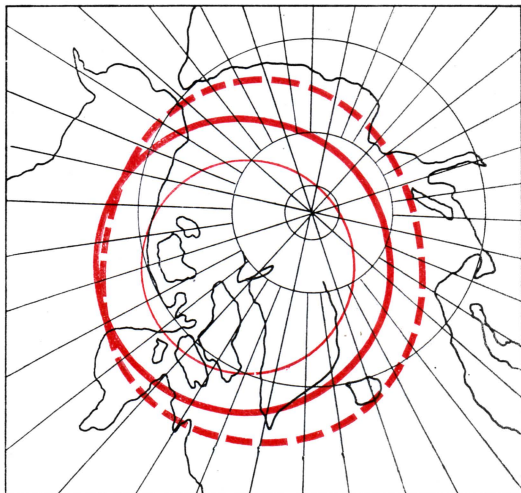
в 1111 году и во время знаменитой битвы Александра Невского с немецкими рыцарями на льду Чудского озера в 1242 году.

Нет ничего удивительного, что полярные сияния оказали влияние на мифологию народов обширных северных территорий. По преданиям эскимосов, полярное сияние — не что иное, как игра душ умерших людей; североамериканские индейцы считали, что это отблески костров живущего на севере племени карликов. В более поздние времена полярные сияния связывали с общественными событиями: в России — с большими смутами, в Скандинавии — со смертью короля, в Польше, Германии и Англии — с войнами.

ПЕРВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ТЕОРИЯ

XVII век был неблагоприятным для наблюдений полярных сияний. Они почти полностью исчезли в Норвегии и Исландии. Объяснялось это продолжительным спадом солнечной активности с 1645 по 1715 годы (Земля и Вселенная, 1980, № 1, с. 7.—Ред.). Но уже в марте 1716 года над Москвой и Петербургом вспыхнуло яркое полярное сияние, которое наблюдал Петр I, записавший в своем дневнике: «Марта 6 в 9 часов пополудни был страшный знак на небе, было в ночи зело светло, так что хотя бы и лунная ночь была». Это сияние захватило огромную территорию, оно было видно в Польше, Австрии, Испании, Португалии, Франции, Италии и Северной Америке. Ровно через 27 суток сияние повторно видели в Париже и Гданьске. Петр I неоднократно наблюдал полярные сияния. До нас дошли его собственноручные описания полярного сияния 3(14) октября 1722 года в районе Астрахани, наблюдавшегося также в Париже, Берлине и в Северной Америке на широте 42,5°.

В труде М. В. Ломоносова «Слово о явлениях воздушных, от Электрической силы происходящих», содержится первая теория полярных сияний. Ученый считал, что по своему происхождению они аналогичны процессам в электрических разрядах. Электричество в атмосфере генерируется при трении замороженных частиц пара «верхней атмосферы», когда они опускаются в «нижнюю атмосферу». Процесс этот происходит в полярных областях, а вблизи экватора более теплые и поэтому легкие частицы «нижней атмосферы» движутся вверх. В последние годы своей жизни Ломоносов намеревался написать большую



Двойное кольцо аврорального свечения, по наблюдениям Норденшельда (сплошные красные линии). Пунктиром показано расположение на поверхности Земли максимальной изохазмы, по данным Фритца, вдоль которой полярные сияния появляются чаще, чем 100 ночей за год. Несовпадение внешнего кольца и зоны Фритца, возможно, связано с тем, что наблюдения Норденшельда производились в минимум солнечной активности

монографию «Испытания причин северных сияний» в трех частях. Первая часть должна была содержать описания собственных наблюдений полярных сияний и сообщений разных авторов, во второй части предполагалось изложить «Теорию Электрической силы», а в третьей — «Изъяснение северных сияний».

Начало XIX века было отмечено организацией крупных географических экспедиций в полярные районы, в задачу экспедиций входило и наблюдение за полярными сияниями. Арктическая экспедиция известного русского исследователя Ф. П. Врангеля в 1824 году обнаружила интересное явление: частота появления сияний увеличивается вблизи береговой линии Северного Ледовитого океана. Впоследствии существование берегового эффекта подтвердилось фотографическими наблюдениями сияний.

ЗОНА ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ

Профессор Цюрихского политехнического института Г. Фритц опубликовал в 1874 году карту **изохазм** — линий равной частоты появления полярных сияний на небосводе. Они

образовывали семейство подобных друг другу замкнутых кривых, центр которых не совпадал ни с географическим, ни с магнитным полюсами, а располагался на северо-западном побережье Гренландии более чем в 1000 км от магнитного полюса. Точка эта получила название **геомагнитного полюса**. Различие в местоположении магнитного и геомагнитного полюсов связано с отклонением реального геомагнитного поля от дипольного. У Фритца линия наибольшей частоты появления полярных сияний проходила через Северную оконечность Скандинавии и полуострова Таймыр, Новосибирские острова, затем севернее Чукотского полуострова, вблизи побережья Аляски, центральную часть Гудзонова залива, южнее Гренландии и Исландии. На этой линии сияния появляются каждую ночь. Карта также показала, что чаще всего полярные сияния видны примерно в 2000 км от геомагнитного полюса.

В конце прошлого века результаты своих наблюдений опубликовал шведский полярный исследователь А. Е. Норденшельд, зимовавший в 1878—1879 годах на судне «Вега» у побережья Чукотки. Он пришел к выводу, что полярные сияния существуют постоянно, даже в годы минимума солнечной активности. Места их появления образуют кольцо с центром, сдвинутым от магнитного полюса: в магнитно-спокойные периоды кольцо состоит из одной дуги, при интенсификации полярных сияний появляются две или множество дуг. Так как Норденшельд проводил наблюдения из одного пункта, то положение кольца полярных сияний он мог определить достаточно точно толь-

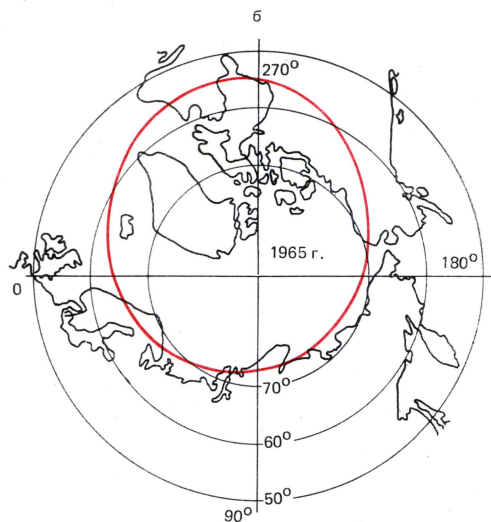
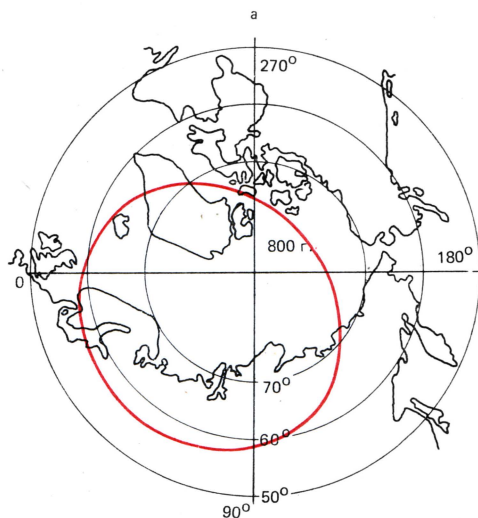
ко к северу от побережья Чукотки. В рамках современных представлений о распределении полярных сияний максимальная изохазма Фритца и кольца Норденшельда характеризуют полярные сияния, появляющиеся лишь в ночные часы.

Прошло еще почти столетие, когда по наблюдениям во время Международного Геофизического Года (1957—1958 гг.) ученые установили, что существует овальная зона полярных сияний.

ГДЕ ВИДНЫ СИЯНИЯ?

Частота появления полярных сияний в заданной точке земного шара определяется существующим на данную эпоху геомагнитным полем, испытывающим вековые вариации. Зная вековые вариации геомагнитного поля, можно рассчитать положение максимальной изохазмы

Область наиболее частого появления сияний (красное кольцо) в 800 (а) и 1965 (б) годах. Видно существенное изменение в ее положении на территории Советского Союза. Максимальная изохазма для 1965 года не слишком отличается от изохазмы Фритца, а в 800 году она была смещена к более низким широтам. Таким образом, если бы земное магнитное поле не изменилось с 800 по 1965 год, то полярными сияниями могли бы любоваться в обжитых районах нашей страны, а не только на Крайнем Севере



и проследить ее изменения за последнее тысячелетие.

В настоящее время в средних широтах количество ночей с полярными сияниями в зените меняется с циклом солнечной активности. В 1957—1958 годах, в период необычайно высокой солнечной активности, количество ночей с полярными сияниями в зените составляло в Ленинграде 15, в Москве 5, в Киеве 1. В год минимальной солнечной активности появление полярных сияний ограничено в основном полярными широтами. Так, в 1964—1965 годах, когда проводились наблюдения по программе Международного Года Спокойного Солнца, в Ленинграде полярные сияния в зените наблюдались всего три ночи, а в Москве и Киеве они вообще отсутствовали. Так как сияние возникает на высоте около 100 км, то при благоприятных погодных условиях его можно видеть с расстояния до 1000 км в северном направлении. За счет этого эффекта количество ночей с видимыми полярными сияниями в средних широтах может быть значительно больше.

Раз или два в столетие случаются гигантские сияния, простирающиеся вплоть до экватора. Это — следствие необычайно высокой активности Солнца. Так, 1 сентября 1859 года полярное сияние было видно в Пуэрто-Рико (18° с. ш.), а 15 мая 1921 года — на островах Самоа (14° с. ш.).

Наблюдения полярных сияний проводились и в южном полушарии Земли. Однако там они затруднены тем, что области южной максимальной изохазмы расположены над труднодоступным и малонаселенным континентом Антарктидой и омывающими ее морями. Южные полярные сияния были зафиксированы экспедицией капитана Кука в 1773 году и Ф. Беллинсгаузена в 1820 году, но карты изохазм для южного полушария построили спустя более столетия — в 1939 году. Карта же изоаврор (частота появления полярных сияний в зените) появилась только в 1963 году.

ЗАЧАТКИ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

На рубеже XX века норвежский ученый К. Биркеланд выдвинул теорию полярных сияний, согласно которой свечение атмосферы вызывается пучком заряженных частиц, электронов, движущихся к Земле от Солнца. Вблизи Земли траектории электронов искривляются геомагнитным полем так, что электроны попадают только в высокоширотные области.

Чем энергичнее частицы, тем глубже они проникают в атмосферу. Двигаясь вдоль геомагнитных силовых линий, электроны сталкиваются с атомами и молекулами газов верхней атмосферы Земли. При этом часть энергии от быстрых электронов передается атомам и молекулам азота и кислорода, а затем эта энергия излучается в виде электромагнитной. Можно сказать, что верхняя атмосфера высоких широт — это своего рода огромный телевизионный экран, на котором высвечиваются следы вторгающихся в нее электронных потоков.

Биркеланд провел большую серию своих знаменитых модельных экспериментов, в которых он наблюдал за движением в вакууме пучка электронов, инжестируемого в направлении намагниченной сферы («терреллы»). Нанеся на «терреллу» слой флюоресцирующей краски, он смог воспроизвести ряд особенностей известного к тому времени распределения полярных сияний.

Вдохновленный опытами Биркеланда, его соотечественник профессор математики К. Штермер провел кропотливые детальные расчеты траекторий заряженных частиц в поле геомагнитного диполя. Он показал, что заряженные частицы движутся вдоль геомагнитных силовых линий по спирали, шаг которой по мере приближения к полюсу уменьшается. В некоторой точке силовой линии, называемой зеркальной, заряженная частица отражается и начинает двигаться по той же спирали в обратном направлении, затем частица отражается в некоторой точке противоположного полушария. Таким образом, частицы колеблются между **зеркальными точками**. Если эти точки на малых высотах, то заряженные частицы сталкиваются с атмосферными газами и возбуждают свечение.

Штермер был страстным фотографом, он сделал более 40 000 фотографий полярных сияний. Одновременное фотографирование сияний двумя разнесенными камерами позволило ему определить высоты полярных сияний над поверхностью Земли. Средняя высота оказалась равной 110 км, сияния редко опускались ниже 90 и поднимались выше 250 км. Однако отдельные формы полярных сияний имели протяженность вверх вдоль магнитной силовой линии до 1000 км.

ПОЛЯРНОЕ СИЯНИЕ — СВЕЧЕНИЕ РАЗРЕЖЕННЫХ ГАЗОВ

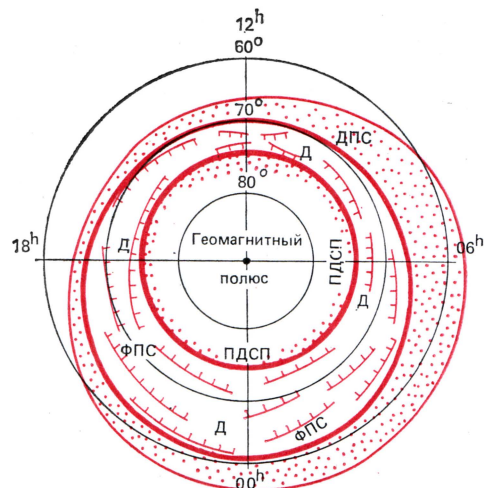
Такое свечение возникает на высоте 100—1000 км при вторжении из космоса в земную

атмосферу быстрых заряженных частиц. Состав атмосферы меняется с высотой, а молекулы и атомы каждого сорта при столкновениях с энергичными частицами излучают свет строго определенных длин волн. Поэтому различным высотам присущи различные цвета, и только энергией вторгающихся в атмосферу частиц определяется сказочное разнообразие цветов полярных сияний.

Впервые спектр сияний измерил шведский физик А. Ангстрем в 1866 году. Основная линия в спектре полярного сияния в видимой области — это желто-зеленая эмиссия с длиной волны $5577 \text{ \AA}$, излучаемая атомарным кислородом на высоте от 100 до 180 км. На большей высоте преобладает другая эмиссия атомарного кислорода с длиной волны $6300 \text{ \AA}$, относящаяся к красной части видимого спектра, на меньшей — преобладают синие и красные полосы эмиссий молекулярного азота. Но все это при условии, что сияние достаточно яркое и превышает цветовой порог человеческого глаза. Максимальная спектральная чувствительность человеческого глаза приходится на длину волны около $5550 \text{ \AA}$. Вот почему сияния кажутся наблюдателю в большинстве случаев бледно-зелеными. Среднеширотные полярные сияния обусловлены вторжениями электронов меньших энергий, чем в авральной зоне. Поэтому они располагаются на больших высотах (200—300 км) и имеют преимущественно красный цвет.

Помимо видимой области возбужденные атомы и молекулы излучают в ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра. Коротковолновое излучение поглощается в атмосфере и практически не доходит до поверхности Земли. Однако при наблюдениях полярных сияний со спутников часто используются эмиссии атомарного кислорода с длиной волны $1304 \text{ \AA}$ и $1356 \text{ \AA}$. Использование эмиссий в крайней ультрафиолетовой части спектра позволяет изучать полярные сияния даже в светлое время, подавляя специальными фильтрами дневной солнечный свет.

Увидеть полярное сияние достаточно просто, а можно ли его услышать? Живущие вблизи авральной зоны уверены, что полярные сияния издают звуки, напоминающие слабый шелест или шипение. В последние годы делались попытки записать эти звуки с помощью высокочувствительных микрофонов, но положительных результатов получить не удалось. Использование микробарографов показало, что интенсивные, быстро движущиеся формы



Пространственно-временное распределение различных типов аврального свечения, связанного с вторжением электронов. Вид на полярную шапку.

Координаты — геомагнитная широта и местное время. Видно, что в районе полюса отсутствует интенсивное авральное свечение. Жирные красные линии — границы овала полярных сияний, в пределах которых располагаются видимые формы полярных сияний (ФПС) и диффузное свечение (Д). К полюсу от овала и к экватору от него располагается приполюсное диффузное полярное свечение (ДПДС) и диффузное полярное свечение (ДПС)

полярных сияний связаны с волнами давления, возникающими непосредственно над этими формами.

Сведения о планетарном распределении и природе полярных сияний были получены при анализе многочисленных материалов, собранных в период МГГ с обширной сети станций, работавших в северном и южном полушариях по согласованным научным программам. Сеть автоматических камер полного обзора неба, фотографировавших все небо от горизонта до горизонта, выявила две важные крупномасштабные особенности полярных сияний. Оказалось, что их мгновенное планетарное распределение имеет форму овала, расположенного в магнитно-спокойные периоды на геомагнитных широтах около 69° в местную полночь и около 79° в местный полдень. Когда усиливается геомагнитная активность, овал смещается в дневном секторе до широты 72° ,

а в ночном секторе овал расширяется, охватывая область широт $60-75^\circ$. По данным автоматических камер полного обзора небосвода установлено также явление **авроральной суббури** — активизация сияний от спокойных к активным формам происходит циклически. Этот цикл, или полная продолжительность суббури, около двух часов, причем переход от спокойных форм сияний к максимуму суббури совершается примерно за 10 минут.

К периоду МГГ относятся и первые запуски ракет с научной аппаратурой в область полярных сияний. Тогда и подтвердились догадки К. Биркеланда, что полярные сияния возбуждаются «бомбардировкой» верхней атмосферы энергичными электронами. Для появления полярного сияния умеренной интенсивности необходим поток в 1000 млн. электронов на 1 см^2 за 1 с, причем средняя скорость электронов должна составлять 20 000 км/с. Кроме электронов в верхнюю атмосферу Земли вторгаются и энергичные протоны, но они «размываются» на большей площади и вызывают лишь слабое субвизуальное свечение.

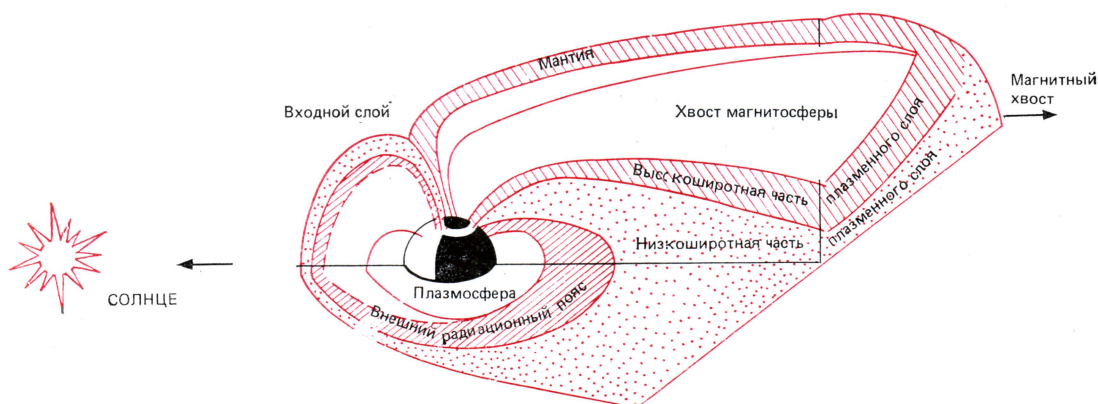
Для выявления планетарной картины распределения сияний и их динамики понадобился кропотливый анализ миллионов снимков полярных сияний на сети станций. Начиная с 1981 года с высокоапогейных спутников с расстояния около 16 000 км получают фотографии всей высокоширотной области с интервалом в несколько минут. Эти данные блестяще подтвердили концепции овала и авроральной суббури.

Полярные сияния вдоль овала имеют структурные формы дуг и полос. В пределах овала между этими структурными формами располагается довольно интенсивное диффузное

свечение. К полюсу и экватору от овала протягивается субвизуальное диффузное свечение. Характер электронных вторжений, энергия электронов и распределение энергии по спектру различны в этих типах аврорального свечения. Это различие, как мы увидим, обусловлено связью типов свечения с различными крупномасштабными плазменными доменами в магнитосфере Земли.

На создание видимого свечения полярных сияний расходуется только около 4% энергии высыпавшихся в атмосферу частиц, остальная энергия идет на разогрев нейтральной атмосферы, ионизацию и излучение в других диапазонах длин волн. Если учесть, что всего лишь несколько процентов поступающей в земную атмосферу энергии передается высыпавшимся частицам, то высвечивается не более 0,1% всей поступающей в магнитосферу энергии. Тем не менее в период умеренной авроральной суббури выделяется колоссальная мощность — около 100 млн. кВт. Такая мощность сравнима с мощностью всех искусственных источников энергии. Однако энергия эта выделяется на столь большой площади и

Разрез магнитосферы Земли в плоскости полдень — полночь и в экваториальной плоскости. Область внешнего радиационного пояса проецируется геомагнитными силовыми линиями на диффузное свечение к экватору от овала полярных сияний, низкоширотная часть плазменного слоя — на ночной сектор овала полярных сияний, высокоширотная часть плазменного слоя — на диффузное свечение к полюсу овала, входной слой — на дневной сектор овала полярных сияний, мантия — на дневное диффузное свечение к полюсу от овала



на таких больших высотах, что вряд ли когда-либо будет использована людьми.

МАГНИТОСФЕРА ЗЕМЛИ И ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ

От Солнца непрерывно истекает горячая плазма — **солнечный ветер**. Этот сверхзвуковой поток, движущийся со средней скоростью 500 км/с, выносит из солнечной атмосферы магнитные поля. Достигнув окрестностей Земли, поток намагниченной плазмы отклоняется земным магнитным полем от первоначального направления и обтекает Землю. В результате образуется свободная от частиц солнечного ветра полость — **магнитосфера** (Земля и Вселенная, 1979, № 4, с. 33.— Ред.). Взаимодействие солнечного ветра с геомагнитным полем ведет к образованию гигантского естественного **магнитогидродинамического динамо**, которое создает поперек магнитосферы разность потенциалов в 100 кВ и токи интенсивностью в десятки миллионов ампер. Кроме того, часть магнитных силовых линий с дневной стороны магнитосферы сносится на ночную, образуя гигантский **хвост магнитосферы** протяженностью в миллионы километров. Внутри магнитосферы выделяются три основные плазменные области. Во-первых, существует граничный слой, через который солнечная плазма входит в магнитосферу. Он включает входной слой на дневной стороне и мантию на ночной стороне магнитосферы. Плазма из граничного слоя вдоль магнитных силовых линий движется к Земле через воронку, получившую название **дневного каспа**. Во-вторых, магнитосфера включает **плазменный слой**, область хвоста магнитосферы, в которой накапливается попавшая внутрь плазма солнечного ветра. И наконец, существует **плазмосфера** — область, где накапливаются менее энергичные частицы, ускользнувшие из верхней атмосферы Земли.

Область дневного каспа образует естественный туннель для вхождения плазмы солнечного ветра в атмосферу в дневные часы. Дневной сектор овала полярных сияний сопряжен геометрически с входным слоем, а диффузное свечение к полюсу от овала — с мантией.

Основная часть проникающей из солнечного ветра плазмы движется в антисолнечном направлении вдоль магнитосферной мантии. В процессе этого движения заряженные частицы перемещаются в центральную область

хвоста магнитосферы и образуют плазменный слой. Из него вдоль магнитных силовых линий они могут переходить в ночной сектор авроральной зоны. Такой поток выпадающих в атмосферу частиц постоянно генерирует субвизуальное диффузное полярное сияние. В низкоширотной части плазменного слоя авроральные частицы испытывают дополнительное ускорение. Высыпаясь в атмосферу, эти ускоренные электроны и создают яркие формы полярных сияний.

СИЯНИЯ НА ДРУГИХ ПЛАНЕТАХ

В связи с прямыми исследованиями планет Солнечной системы естественно задать вопрос — а существует ли на них свечение атмосферы, аналогичное полярным сияниям на Земле? Существование, локализация и цвет сияний на других планетах Солнечной системы зависят от интенсивности их магнитного поля, а также плотности и состава атмосферы. В магнитосфере Меркурия сияния следует ожидать на широтах от 50 до 57° на дневной стороне и от 25 до 35° на ночной. Тонкая гелиевая атмосфера Меркурия должна приводить к появлению сияний вблизи поверхности планеты в эмиссионных линиях гелия. На Венере с ее слабым магнитным полем и плотной атмосферой диффузные сияния должны наблюдаться над большей частью поверхности планеты. Кроме эмиссий кислорода и азота, встречающихся и в земных условиях, должны наблюдаться эмиссии окиси и двуокиси углерода. Тонкая атмосфера и слабое магнитное поле Марса вряд ли благоприятствуют возникновению сияний. Наиболее подходящие условия для появления сияний — в магнитосфере Юпитера с его сильным магнитным полем и плотной атмосферой, состоящей в основном из водорода и гелия с небольшими примесями метана и аммония...

Эпоха больших открытий в физике авроральных явлений в окрестности Земли уже миновала. Вместе с тем ряд ключевых вопросов остался пока без ответа. К ним относятся следующие: каким образом энергия солнечного ветра передается внутрь магнитосферы? Что служит «спусковым механизмом» начала авроральной суббури? Чем обусловлены тонкая структура в полярных сияниях, их быстрые движения? Ответы на эти вопросы будут получены после анализа проведенных в последние годы или планируемых на будущее экспериментов.



Что было, когда «ничего» не было?

Обсуждается проблема самого раннего этапа эволюции Вселенной. Ставится вопрос о возможности существования «других вселенных».

В течение нашего, двадцатого, теперь уже подходящего к концу столетия трудами четырех поколений астрономов создана величественная картина структуры и эволюции Вселенной. Прогресс астрономической науки заключался во все более глубоком познании природы различных космических объектов — планет, звезд, туманностей, галактик. Постепенно выявлялась и генетическая связь между объектами разной природы (например, планетарными туманностями и белыми карликами, молекулярными межзвездными облаками и космическими мазерами). Решающее значение в астрономии (как и раньше в биологии) получила эволюционная концепция: на всех «ярусах» (масштабах) Вселенной мы наблюдаем эволюцию, все космические объекты суть категории исторические. Это относится и к звездам разных типов, и к галактикам, и ко всей наблюдаемой сейчас Вселенной. 15—20 млрд. лет тому назад ее свойства разительно отличались от «современных», в частности, не существовало ни звезд, ни галактик, а была только горячая водородо-гелиевая плазма, наполненная взаимодействующим с ней равновесным излучением. Все эти замечательные результаты в значительной степени получены благодаря бурному развитию новых средств исследований — порождению научно-технической революции.

Открытие Э. Хабблом феномена расширения Вселенной по своему революционному значению для человеческого сознания, несомненно, должно быть поставлено рядом с переворотом в науке, связанным с именем Коперника. Именно это открытие позволило установить важнейшее понятие — «возраст Вселенной», то есть время, протекшее

с той эпохи, когда физическое состояние Вселенной радикально отличалось от современного (например, не было звезд и галактик). Возраст Вселенной оказывается довольно незначительным — он всего лишь в три раза превышает возраст Солнечной системы! Оставим пока в стороне проблему возраста Вселенной и совершим небольшой исторический экскурс.

После того, как астрономия стала количественной наукой (а это случилось на рубеже XVI—XVII веков, после первой революции в астрономии, основными итогами которой были торжество гелиоцентрической системы и изобретение телескопа), она прошла через несколько этапов. Первый, самый длительный, характеризовался тем, что предметом исследования была только Солнечная система. Если прибегнуть к математической терминологии, для ученых той поры мир был ограничен «эпсилон-окрестностью» Земли, но они, конечно, этого не сознавали. Ведь со времен Аристотеля размеры доступного исследования мира увеличились во много десятков тысяч раз!

Хотя уже Ньютон имел более или менее правильное представление о расстояниях до ближайших звезд, «звездная Вселенная» стала по-настоящему изучаться лишь на рубеже XVIII—XIX веков, и прежде всего В. Гершелем. В начале XIX века Ф. Бессель и В. Я. Струве определили первые звездные параллаксы. Весь XIX и начало XX века прошли под знаком бурного развития звездной астрономии. Но только в 20-х годах нашего века прояснились размеры и физические свойства Галактики и место в ней Солнечной системы — где-то на далекой периферии. Завершился второй, «галактический» этап развития астрономии. Открытие Галактики раздвинуло наблюдаемую нами область Вселенной еще в сотни миллионов раз!

Огромный мир галактик — космических «островов», состоящих из многих миллиардов

звезд каждый,— был, по существу, открыт одним человеком — великим американским астрономом Э. Хабблом, кстати сказать, по образованию юристом! Вот уж, действительно,— самое большое открытие в науке!

Совокупность галактик, а также крайне разреженное вещество между ними мы будем называть Метагалактикой, хотя на ранних этапах ее эволюции галактик еще не существовало — было только вещество, из которого они потом образовались. Размеры Метагалактики¹ почти в миллион раз превышают размеры Галактики. В ней движутся сотни миллиардов галактик, и вся эта система расширяется. Из анализа расширения следует, что 15—20 млрд. лет тому назад все наблюдаемое в современную эпоху вещество Метагалактики занимало ничтожный объем, плотность этого вещества была тогда на много порядков выше ядерной, а температура неизмеримо высока. Мы, астрономы, наблюдаем какой-то гигантский взрыв и его последствия, причем сами находимся в области этого взрыва. В процессе взрыва свойства вещества меняются сперва невероятно быстро, потом все медленнее и медленнее.

И вот здесь возникает основной вопрос. Каждый из трех этапов развития астрономии сопровождался огромным возрастанием размеров изучаемой области Космоса. Со времен Галилея размеры этой области увеличились почти в 10^{15} , а объем, соответственно, в 10^{45} раз. Можно ли ожидать, что вслед за третьим, «метagalактическим», этапом астрономии наступит четвертый? И как можно (и можно ли?) представить на этом воображаемом следующем этапе увеличение размеров области исследования на много порядков? Куда прикажете поместить воображаемую «сверхвселенную»?

К этому вопросу непосредственно примыкает другой. Изучая самые ранние этапы расширения Вселенной, астрономы, что называется, уже «дошли до точки». Вся совокупность данных наблюдений говорит за то, что 15—20 млрд. лет тому назад вещество нашей Вселенной (в случае «закрытой» модели с конечным объемом) было как бы собрано в точку — «сингулярность»². Выходит, можно го-

ворить о «начале» мира? И, значит, это самое начало было, если раньше ничего не было?

Вопрос принадлежит к категории «детских», то есть обычно самых глубоких и коренных. К числу «детских» относится, например, и такой вопрос: почему поле тяжести сообщает всем находящимся в нем телам одинаковое ускорение? Из этого вопроса выросла общая теория относительности. Школьник Эйнштейн задумался над тем, что случилось бы, если бы мы могли следовать за световой волной со скоростью света. И через 10 лет появилась его знаменитая работа «К электродинамике движущихся тел».

Ответ на поставленный выше «детский» вопрос о происхождении нашей Вселенной необходимо дать уже сейчас. Невразумительно-уклончивая позиция, на наш взгляд, здесь неуместна, а может быть, и вредна. Если не стоять на материалистических позициях, то следует признать, что этот чудовищно высокой плотности (больше 10^{93} г/см³) и температуры (10^{31} К), крохотный (около 10^{-33} см) «сверхгигант» (ибо из него по каким-то внутренним законам развития образовалась наблюдаемая нами Вселенная с ее невообразимо богатой структурой и процессами, например, разумной жизнью) был создан из ничего. Можно, конечно, сказать, возник из ничего, хотя это сути дела не меняет. Но мы — материалисты и в чудеса не верим. Коль скоро это так, то, по нашему мнению, имеются только два возможных ответа на поставленный выше «детский» вопрос. Первый ответ — вполне в духе гоголевского безумца Поприщина: «Не было ничего, было черт знает что такое!». Расшифруем этот ответ в терминах современной науки.

Все основные законы природы, в том числе пространственно-временные соотношения, справедливы лишь при определенных условиях. Ниоткуда не следует, что при тех экстремальных значениях плотности, температуры и масштабов, которые господствуют в сингулярности, имеет смысл пользоваться такими фундаментальными понятиями, как «раньше» и «позже». Ведь настоящего «великого объединения» всех взаимодействий, включая и гравитацию, пока еще нет, и, каковы законы природы в столь экстремальных условиях, мы сейчас просто не знаем. По существу «ответ Поприщина» состоит в том, что мы еще не на быть в каждой точке бесконечного пространства.

¹ Под размерами Метагалактики мы понимаем расстояние, которое свет проходит за время, равное возрасту Вселенной.

² Если же рассматривать «открытую», бесконечно протяженную модель Вселенной, то в начале эпохи расширения сингулярность долж-

доросли до понимания сингулярности и не известно, когда дорастем. Так что, товарищи детки, подождите, ну, хотя бы до XXIII века — авось подрастете!

Такой, в общем-то довольно уклончивый, хотя и разумный, ответ не может, конечно, понравиться «товарищам деткам». Вспоминается поучительный пример из истории астрономической науки. А. Эддингтон — один из величайших астрономов XX века — никак не принимал вывод С. Чандрасекара о наличии предельной массы у белых карликов (Земля и Вселенная, 1983, № 5, с. 32. — Ред.). Этот фундаментальной важности результат отвергался им на том основании, что объединенная теория гравитации и квантов тогда (как и сейчас) отсутствовала!

Итак, «ответ Поприщина» никак не удовлетворяет детское любопытство. Тем более, что есть другой, довольно неожиданный ответ, который вполне мог бы принадлежать невезучему вольтеровскому философу Панглосу: «Никаких проблем нет, детки! Мы просто живем в лучшем из миров». Такой ответ неявно предполагает, что миров много, и в подавляющем своем большинстве, они мало комфортабельны... А теперь, как любил говорить один мой знакомый: «Шутки в сторону, а все остальное — в другую!».

Уже отмечалось, что Вселенная, в которой мы живем, имеет богатейший спектр свойств и весьма замысловатую историю. И тут возникает еще один вопрос: является ли Вселенная только чем-то внешним по отношению к нам — довольно высокоорганизованным существам, населяющим крохотную и в некотором роде уникальную планету? Разве Вселенная — это всего лишь некая познаваемая материальная субстанция, объективно существующая вне нашего познания? Иными словами, могла ли Вселенная быть совершенно другой, с другими законами? Конечно, могла бы, но...

Очевидно, далеко не во всякой вселенной могла бы существовать столь сложная и высокоорганизованная форма движения материи, как жизнь. Это раньше, когда науки были в зачаточном состоянии, В. Гершель серьезно утверждал, что на Солнце живут разумные существа, которые сквозь разрывы в ослепительно ярких облаках фотосферы, наблюдаемые с Земли как темные пятна, могут любоваться звездным небом... Заметим, что и Ньютон считал Солнце обитаемым... Естественно, что на ранних этапах расширения наблюдае-

мой Вселенной жизни в ней не могло быть. Ведь для жизни прежде всего необходим набор очень сложных, «сверхмногоатомных» молекул. Их тогда не могло быть из-за разрушительной сверхвысокой температуры и отсутствия тяжелых элементов. Последние образуются значительно позже, в результате эволюции звездных недр и, в частности, взрывов звезд, обычно называемых вспышками сверхновых. Не было бы таких вспышек — не было бы во Вселенной ядер железа, не было бы и гемоглобина или чего-то такого, для жизни не менее важного.

Еще в 50-х годах известный советский космолог А. Л. Зельманов обратил внимание на удивительную «приспособляемость» свойств Вселенной к развитию в ней жизни. По мысли А. Л. Зельманова, другие вселенные (если они есть!) развиваются «без свидетелей». В дальнейшем этой проблемой много занимался американский физик Р. Дике. В нашей стране заметный вклад в такого рода исследования внес И. Л. Розенталь.

Точка зрения, согласно которой мы наблюдаем Вселенную именно такой, какая она есть, просто потому, что мы существуем и в другой вселенной существовать не могли бы, получила название «антропный принцип». Сущность его в том, что жизнь (в частности, мы с вами) — неотъемлемая часть Вселенной, естественное следствие ее эволюции. Вселенная не есть что-то внешнее по отношению к жизни; с полным основанием можно сказать: «Вселенная — это мы». Поэтому не надо удивляться, что она так прекрасно приспособлена для жизни. Поясним «антропный принцип» на нескольких примерах.

Как известно, существуют всего четыре типа взаимодействий, каждое из которых характеризуется своей безразмерной константой. Эти взаимодействия суть: электромагнитные (константа взаимодействия $\alpha \approx 1/137$), гравитационные ($\alpha_G \approx 5 \cdot 10^{-39}$), слабые ($\alpha_W \approx 10^{-11}$), сильные ($\alpha_s \approx 1$). Оказывается, между константами взаимодействий и фундаментальными свойствами Вселенной существует странная зависимость. Например, горизонт видимости Вселенной (ее радиус): $R_U = ct_0 \approx \left(\frac{\alpha}{\alpha_G} \right) \cdot a_0$,

где t_0 — возраст Вселенной, $a_0 = 0,53 \cdot 10^{-8}$ см — радиус первой боровской орбиты атома водорода. Антропный принцип непринужденно объясняет это, казалось бы, мистическое соотношение. Очевидно, для того, чтобы где-нибудь во Вселенной возникла жизнь,

необходимы тяжелые элементы. Они образуются в результате эволюции звезд, в частности, вспышек сверхновых. Если масса последних около 1,5 солнечной (сверхновые I типа, ответственные за синтез ядер железа), то их возраст t_1 будет несколько миллиардов лет. Возраст Вселенной не может существенно превышать возраста сверхновых. В противном случае практически все звезды превратились бы в белые карлики, чего заведомо не наблюдается. Поэтому можно принять, что $t_0 \sim t_1$. С другой стороны, из теории внутреннего строения и эволюции звезд можно получить соотношение

$$t_1 = \alpha_G^{-1} \cdot t_p, \text{ где } t_p \sim \frac{r_p}{c} \sim 10^{-23} \text{ с} \\ (r_p \sim 10^{-13} \text{ см — радиус протона}). \text{ Значит,} \\ t_0 \sim t_1 \sim \alpha_G^{-1} t_p; \quad ct_0 = R_U \sim \alpha_G^{-1} r_p = \left(\frac{\alpha}{\alpha_G} \right) a_0.$$

Таким образом, соотношение между размерами Вселенной и атома есть следствие условия наблюдаемости Вселенной разумными существами!

И. Л. Розенталь вообще считает, что вся структура Вселенной и ее история определяется «семью числами»: четырьмя константами взаимодействия, отношениями m_e/m_N и $\Delta m_N/m_N$, где m_e — масса электрона, m_N — усредненная масса нуклона, $\Delta m_N = m_n - m_p$ (m_n и m_p — массы нейтрона и протона) и N — размерностью физического пространства. По отношению к этим «семи числам» структура Вселенной неустойчива: сравнительно небольшие их изменения влекут за собой весьма радикальные изменения самой природы Вселенной. Например, если бы масса электрона не была намного меньше массы нуклона, во Вселенной не происходил бы синтез дейтерия и звезды не излучали бы. Энергия связи дейтрона (ядра тяжелого изотопа водорода) $E_a = 2,2$ МэВ — невелика, но она больше $\Delta m_N = 1,3$ МэВ. Если бы Δm_N было в два раза больше, дейтрон как стабильная частица не мог бы существовать, и нуклеосинтез оказался бы невозможным. Из условия протекания реакций синтеза $p + p \rightarrow d + e^+ + \nu$ следует, что масса электрона должна быть меньше $E_a/2 = 1,1$ МэВ. Это требование выполняется почти на пределе: если бы масса электрона была всего только вдвое больше существующей, нуклеосинтез во Вселенной не происходил бы. Заметим, что, если сравнивать с другими элементарными частицами (барионами, мезонами, лептонами), масса электрона представляется удивительно малой. Она резко «отскакивает»

от масс других элементарных частиц, являясь как бы флуктуацией в их распределении. Заранее ниоткуда не следует, что самый легкий (и поэтому устойчивый) лептон (каким является электрон) должен иметь такую маленькую массу. Величина Δm_N также представляется аномально малой.

Приведем еще пример. Если бы величина константы сильного взаимодействия увеличилась хотя бы на 10%, то с огромной скоростью протекала бы реакция $p + p \rightarrow \text{He}^2 + \gamma$, а определяющая весь нуклеосинтез во Вселенной реакция $p + p \rightarrow d + e^+ + \nu$ была бы подавлена. При такой ситуации весь водород на ранних стадиях развития Вселенной превратился бы в гелий. Ни о какой жизни в подобной Вселенной, где, в частности, не было бы воды, не может идти речь. Даже незначительное изменение константы сильного взаимодействия сделало бы важнейшую в нуклеосинтезе «тройную» реакцию $3\text{He}^4 \rightarrow \text{C}^{12}$ невозможной. В этом случае все элементы с зарядом больше двух во Вселенной практически отсутствовали бы.

Мы живем в пространстве трех измерений. Случайно это или закономерно? На очередной «детский» вопрос ответ можно дать уже сейчас. Этой проблемой когда-то занимался выдающийся австрийский физик П. Эренфест, некоторое время живший и работавший в нашей стране. На основании классической теоремы Гаусса он получил простое выражение для взаимодействия точечных источников в пространстве N измерений:

$$F \propto \frac{1}{r^{N-1}}.$$

Выполненный Эренфестом анализ устойчивости двух тел, взаимодействующих по этому закону, позволил сделать вывод, что при $N > 3$ устойчивые состояния отсутствуют, а при $N \leq 2$ движение происходит только в ограниченной области. (Заметим еще, что на основании общей теории относительности гравитационное взаимодействие тел при $N \leq 2$ отсутствует.) Только при $N = 3$ возможны как «связанные», так и «диссоциированные» («инфинитные») движения, что как раз и реализуется в наблюдаемой Вселенной. Таким образом, трехмерное пространство представляется выделенным, только в нем способны существовать атомы и планетные системы.

Оставаясь на материалистической позиции, конечно, нельзя считать, что Вселенная была специально создана для того, чтобы на каком-то этапе ее развития в ее крохотных пространственно-временных областях возникла

жизнь, даже разумная жизнь. Какой же вывод остается сделать? Только один: считать, что наблюдаемая нами Вселенная не существует, так сказать, в единственном числе, а имеется огромное, скорее всего, бесконечное множество разных вселенных (с маленькой буквы). В своем подавляющем большинстве эти вселенные «пустые», то есть безжизненные. И лишь невообразимо редко, с ничтожнейшей вероятностью среди них попадаются объекты, более или менее похожие на нашу удивительную и прекрасную Вселенную (с большой буквы).

Сделав такое предположение, диктуемое логикой и философией, мы, по существу, совершаем скачок, во всяком случае не меньший, чем переход от чисто «околосолнечной» астрономии XVI—XVII века к галактической и даже метagalacticкой астрономии. Целесообразно ввести особое понятие для бесконечного многообразия, включающего в себя неисчислимое множество самых различных вселенных, каждую со своим набором констант взаимодействия и фундаментальными числами. Назовем это понятие «Миром» (может быть, лучше было бы использовать старую орфографию: «Мір»?). Неплохо выглядит также термин «Метавселенная».

Есть, впрочем, одна важная особенность, характерная для последнего «яруса» познаваемого нами Космоса, делающая его качественно отличным от Метagalактики. Многочисленные и чудовищно разнообразные объекты Метавселенной принципиально ненаблюдаемы, так как находятся за пределами «горизонта» событий. Их, например, нельзя связать световыми сигналами, поэтому можно считать, что каждая вселенная практически строго изолирована. Возникает вопрос: имеет ли смысл обсуждать принципиально ненаблюдаемые категории? Вопрос этот не праздный, ведь квантовая механика просто «изъяла из обращения» все, что принципиально ненаблюдаемо (скажем, картину движения электронов в атоме по орбитам). Думается, однако, что в случае Метавселенной ситуация отлична от квантовомеханической. Дело в том, что удивительные закономерности в нашей Вселенной, о которых шла речь, по-видимому, могут быть поняты (по крайней мере, открывается возможность для их понимания) только путем привлечения категорий Метавселенной. К тому же при современном уровне науки нельзя с полной определенностью утверждать, что другие вселенные (и вообще все то, что находится за

горизонтом мира) принципиально ненаблюдаемы. И даже в наше время делаются отдельные смелые попытки хотя бы мысленно преодолеть пространственно-временные барьеры, используя удивительные свойства черных и белых дыр.

По этим причинам анализ свойств других вселенных имеет полное право на существование в современной науке. Ситуация вполне аналогична исследованиям проблемы внеземных цивилизаций. Уже предпринято несколько довольно серьезных попыток теоретического анализа возможностей и условий существования других вселенных. Заслуживает, например, внимания попытка И. Л. Розенталя. Он исходит из посылки, что в многомерном (даже бесконечномерном) фоновом континууме Минковского возникают из-за некоторой неустойчивости «закрытые» вселенные с размерностями больше трех. В процессе эволюции размерности этих вселенных могут уменьшаться, отдельные координаты («измерения») сворачиваются, как бы «отсыхают», сливаясь с космическим фоном. Последний можно рассматривать как некую разновидность физического вакуума.

Кстати, согласно современным представлениям, когда возраст нашей Вселенной был неизмеримо меньше наносекунды, она представляла собой физический вакуум — никаких элементарных частиц еще не было, они родились из этого вакуума позднее. Мы везде перед словом «вакуум» ставим прилагательное «физический». Современный физический вакуум — это не ньютоновская пустота, он весь насыщен виртуальными частицами и полями, которые время от времени по определенным законам «материализуются». Такому пониманию вакуума мы обязаны выдающемуся английскому физику, классику науки П. Дираку. В самое последнее время было обосновано представление, что тот вакуум, в который мы погружены, это как бы «не настоящий» вакуум. Есть основания полагать, что окружающая нас пустота — возбужденное (метастабильное) состояние физического вакуума. В первые мгновения существования Вселенной вакуум находился в другом, еще более «высоком» возбужденном состоянии³.

³ Все-таки человек — существо непостижимое... Еще не успела как следует сформироваться идея о существовании разных состояний вакуума, как возникла идея... вакуумной бомбы! В любопытной работе Г. Хата и М. Риса обсуждается возможность перехода нашего

Вернемся, однако, «к нашим баранам», если позволительно так фамильярно называть рождающиеся из вакуума вселенные с произвольным числом измерений. Каждая из них при рождении может обладать определенным, «своим» набором констант взаимодействия и, в конце концов, «своим» набором элементарных частиц. Возможно, что на самых ранних этапах существования вселенные имели только по одной константе взаимодействия, которая потом «расщепилась», вполне в духе идеологии «великого объединения». По-видимому, свойство «закрытости» (замкнутости или почти замкнутости) является существенным свойством этих вселенных, ибо нелегко себе представить спонтанное рождение из бесконечного фонового континуума бесконечно протяженных «открытых» вселенных. Впрочем, говоря о столь высоких материях, всякого рода соображения «наглядности», пожалуй, следует оставить...

Итак, мы приходим к представлению, что наша Вселенная, как и другие вселенные, суть флуктуации в бесконечном пространственно-временном континууме Минковского, представляющем особого рода физический вакуум. В истории науки аналогичная идея была высказана еще на рубеже нашего века. Она принадлежит замечательному австрийскому физiku Л. Больцману. Правда, обстоятельства, побудившие Больцмана предложить столь удивительную гипотезу, были другие, нежели сейчас: он пытался преодолеть трудности, связанные с парадоксом «тепловой смерти» Вселенной. В те далекие годы этот парадокс стал чуть ли не главной проблемой философии естествознания. Отдавая должное блеску ума Больцмана, современники восприняли его идею довольно скептически. Даже в середине 40-х годов мне приходилось слышать такую «критику» концепции Больцмана: конечно, можно рассматривать нашу Вселенную как флуктуацию, без которой жизнь была бы невозможна, но почему флуктуация столь огромна? Ведь для возникновения и развития жизни вполне достаточно неизмеримо меньшей флуктуации, размером, например с Солнечную систему... В том-то и дело, что недостаточно, даже с чисто биохимической точки

зрения! Для возникновения жизни нужно, чтобы во Вселенной шел нуклеосинтез, звездообразование и многое другое, а это требует как раз того пространственно-временного масштаба, которым обладает наша Вселенная. Таким образом, по моему мнению, антропный принцип логически вытекает из флуктуационной гипотезы Больцмана.

Несколько лет тому назад я опубликовал статью «Вторая революция в астрономии подходит к концу» (Вопросы философии, 1979, № 9). Там обосновывалось утверждение, что в итоге бурного развития астрономии в течение последних десятилетий картина Вселенной и ее эволюция стали для нас в первом приближении ясны. В этой области знаний уже не приходится ожидать революционных взрывов, аналогичных, например, переходу от геоцентрической к гелиоцентрической системе мировоззрения или открытию совершенно нового мира явлений, без которого невозможно понять знакомую реальность, как это было в случае открытия радиоактивности. Можно теперь уточнить главную мысль статьи, опубликованной в «Вопросах философии». Там речь идет о нашей Вселенной, где очень далек от ясности только самый ранний этап ее развития (возникновения?). Что касается Мета-вселенной, то ее исследование сейчас находится в эмбриональной стадии. Надо полагать, что эта новая волнующая ступень человеческого познания будет предметом третьей и последующих революций в нашей науке о небе.

возбужденного вакуума в «истинный» вакуум. Спусковым механизмом такого перехода могло быть столкновение частиц сверхвысокой энергии (больше 10^{20} эВ), что в принципе можно осуществить в будущих поколениях ускорителей. Такой переход привел бы к распро-

странению во Вселенной со скоростью света сферической волны, в которой бы выделялась огромная энергия, уничтожающая все внутри... К счастью, как показали Хат и Рис, такая ситуация нам пока не угрожает.

Кандидат географических наук
А. Д. ЯМПОЛЬСКИЙ
Кандидат физико-математических наук
Г. Е. КОНОНКОВА
Кандидат физико-математических наук
К. В. ПОКАЗЕЕВ



Внутренние волны в океане

Кому не приходилось наблюдать волнение моря! Волны на его поверхности даже во время шторма редко превышают десятков метров. Но в глубине океана распространяются волны внутренние, амплитуда которых и в обычных условиях может достигать сотен метров.

БЕГУЩИЕ В ТОЛЩЕ ВОД

В конце августа 1893 года норвежская полярная экспедиция на «Фраме» под руководством знаменитого Ф. Нансена попала в необычную ситуацию: в районе острова Таймыр, направляясь к кромке льда, «Фрам» вдруг почти остановился, несмотря на работавшую на полную мощность машину. Казалось, судно попало в капкан. По словам самого Нансена, «...чтобы пройти то небольшое расстояние, которое мы и на веслах прошли бы в полчаса или того меньше, „Фраму“ понадобилась целая вахта (4 часа — А. Я.)». «Фрам» попал в «мертвую воду». «Мертвая вода» — явление весьма своеобразное и обычно встречается там, где над слоем соленой и, следовательно, более плотной воды оказывается более или менее тонкий распресненный слой. Нансен в своем дневнике записал, что взятая с поверхности вода годилась для питья, а поступавшая через кингстон была слишком солон даже для котла. При движении судна в таких условиях почти вся энергия корабельной машины уходит на образование волн на границе раздела слоев. Волны эти, в отличие от волн на поверхности, широко распространены в толще вод.

Свои наблюдения в экспедиции Ф. Нансен передал известному шведскому геофизику и океанографу В. Экману. Проведя ряд изящных лабораторных опытов, Экман установил, что при определенных соотношениях между

толщиной верхнего слоя h , плотностями ρ_1 и ρ_2 соленого и распресненного слоев и скоростью судна c , волновое сопротивление движению резко возрастает. Впоследствии английский гидродинамик Г. Лэмб показал, что если $c = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} gh}$, то сопротивление внутренних волн достигает колоссальных размеров. «Фрам», как говорится, точно угодил в выводы теории.

С «мертвой водой» моряки встречались и раньше, но толчок к натурным, лабораторным и теоретическим исследованиям внутренних волн дало именно сообщение Ф. Нансена. В дальнейшем выяснилось, что внутренние волны часто встречаются в Мировом океане, что явление это весьма сложное. Многие его особенности, наблюдаемые в океане, и до сих пор не получили теоретического объяснения.

КАК ОБРАЗУЮТСЯ ВНУТРЕННИЕ ВОЛНЫ?

Нужно отметить, что великий норвежец наблюдал редко встречающийся частный случай внутренних волн в океане. Обычно нет столь резкого деления на слои различной плотности: плотность морской воды плавно увеличивается с глубиной, или, как говорят океанологи, наблюдается устойчивая непрерывная стратификация.

В таких условиях простейшую физическую модель внутренних волн можно представить следующим образом. Пусть некоторый элементарный объем воды под действием какой-либо причины (исследование этих причин — одна из важных проблем современной океанологии) сместился вертикально из своего положения равновесия. Если он сместился вверх, то его будет окружать менее плотная вода, и под действием силы тяжести он будет стремиться вниз к своему положению равновесия.

Если этот элементарный объем сместился вниз, где вода более плотная, то сила Архимеда будет стремиться вернуть его вверх к положению равновесия. Естественно, что предоставленный самому себе рассматриваемый элементарный объем некоторое время будет колебаться вокруг положения равновесия. Частота этих колебаний зависит в основном от вертикального градиента плотности. Она называется по имени двух скандинавских геофизиков, получивших почти одновременно и независимо ее математическое выражение, частотой Вайсяля — Брента. Благодаря тому, что вертикальный градиент плотности обычно довольно мал (за исключением весьма редких «экзотических» случаев), невелики и силы, препятствующие смещению частиц из положения равновесия. Поэтому амплитуды внутренних волн могут быть большими и достигать десятков, а то и сотен метров.

Интересно, что обычные волны на поверхности океанов и морей также можно рассматривать как внутренние на поверхности раздела двух сред — воды и воздуха. Но в этом случае разность плотностей по обе стороны от поверхности раздела велика. Поэтому на поверхности океана, к счастью, весьма редки волны высотой в десятки метров и совсем не бывает стометровых волн.

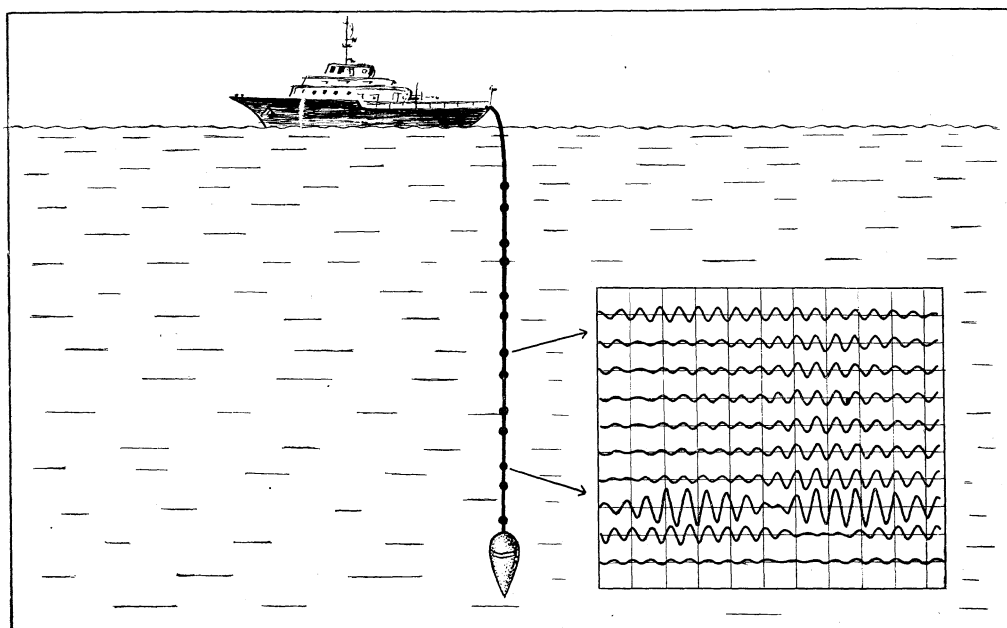
До сих пор, для простоты, мы рассматривали движение некоторого объема воды по

вертикали. Но от движения по вертикали волны бегут во все стороны. Экспериментальное подтверждение этого доступно каждому, ибо, как говорил еще Козьма Прутков: «Бросая в воду камешки, смотри на круги, ими образуемые; иначе такое бросание будет пустою забавою».

МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ

Внутренние волны способствуют перемещению вод океана, а это обогащает воды питательными веществами и кислородом. Таким образом, зная особенности структуры внутренних волн, по-видимому, можно судить о перспективах рыбного промысла в том или ином районе. Большое значение имеют исследования внутренних волн и для подводного мореплавания. Сам факт существования этих волн оказывает большое влияние на методику океанологических измерений. И действительно, если необходимо получить представление о свойствах воды на некоторой фиксированной глубине, то, строго говоря, нельзя сделать это

Схема измерения параметров внутренних волн с помощью одной вертикали. На врезке показаны кривые, полученные по показаниям датчиков, по которым определяют амплитуды и периоды внутренних волн



путем прямых измерений без учета внутренних волн.

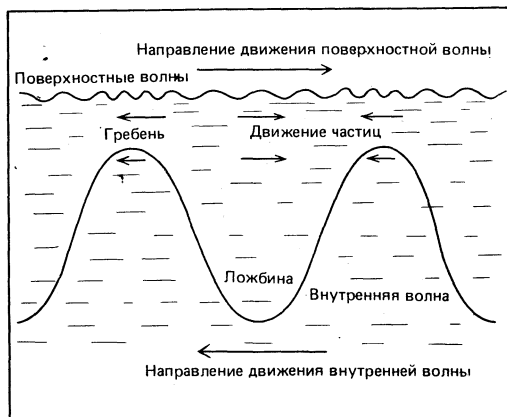
Определение параметров внутренних волн, как и следовало ожидать, сопряжено с некоторыми трудностями. Еще недавно океанологи судили о высоте внутренних волн, например, по показаниям прибора, регистрирующего температуру морской воды на фиксированной глубине: разность температур за интервал, сравнимый с периодом внутренних волн, пропорциональна их высоте. Однако для этого необходимо предположить, что известен вертикальный градиент температуры и что он постоянен во времени. По мере того, как развивалась техника измерений, для определения высоты и периода внутренних волн стали использовать более совершенные многоэлементные датчики. Каждый состоит обычно из проволочного термометра сопротивления длиной в несколько метров, двух точечных датчиков температуры вблизи его концов и датчика глубины. Основной проволочный термометр сопротивления измеряет среднюю температуру в данном слое и позволяет избавиться от ее мелких пульсаций, обусловленных мелкомасштабной турбулентностью. Точечные датчики обеспечивают получение вертикального градиента температуры. Обычно на одном кабеле собирают несколько десятков таких многоэлементных датчиков на фиксированных расстояниях друг от друга, образующих измерительную вертикаль. Сигналы от всех этих датчиков поступают в судовую ЭВМ. В этом случае уже не нужно делать предположений о вертикальном градиенте температуры. Но по измерениям на одной вертикали нельзя судить о длине, скорости и направлении распространения внутренних волн. Для получения таких сведений следует вести измерения одновременно на нескольких вертикалях. Если эти вертикали расположены в вершинах треугольника, то удастся определить скорость и направление распространения внутренних волн, а также их длину. В самом деле, зная длину сторон треугольника, а также время появления какой-либо характерной особенности внутренних волн (например, характерного увеличения или уменьшения амплитуды) на каждой из них, можно из простых геометрических соображений получить информацию об этих параметрах внутренних волн в районе измерений.

Надо иметь в виду, что такие измерения выполняются в открытом океане, вдали от берегов, на глубине в несколько тысяч мет-

ров. Здесь постановка даже одной измерительной вертикали — сложная и трудоемкая операция. В качестве такой вертикали может служить, например, автономная буйковая станция (АБС), состоящая из достаточно большого буя на поверхности и тяжелого якоря на дне. Соединяющий их трос и есть «вертикаль», на которой можно подвесить приборы.

Интересным и, пожалуй, перспективным источником сведений о внутренних волнах служат поплавки нейтральной плавучести. Это весьма солидное сооружение, будучи уравновешенным в определенном слое, остается там длительное время и совершает вместе с частицами этого слоя воды колебания в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Периодически поплавок «сообщает» о своем положении в пространстве, и обработка таких сообщений позволяет судить о параметрах внутренних волн в районе нахождения поплавка.

Влияние внутренних волн на поверхностные. При прохождении гребня внутренней волны орбитальная скорость движения частиц воды совпадает с направлением распространения волны. При прохождении ложбин частицы движутся в противоположную сторону. В данном случае поверхностные и внутренние волны бегут навстречу друг другу. Следовательно, на поверхностные волны, оказавшиеся над гребнями внутренних, действует встречное течение, «сжимающее» волны на поверхности, и они становятся более короткими и крутыми. Над ложбинами внутренних волн, благодаря попутному течению, волны на поверхности «растягиваются», становятся более длинными и пологими



КАК ВНУТРЕННИЕ ВОЛНЫ ПРОЯВЛЯЮТСЯ НА ПОВЕРХНОСТИ?

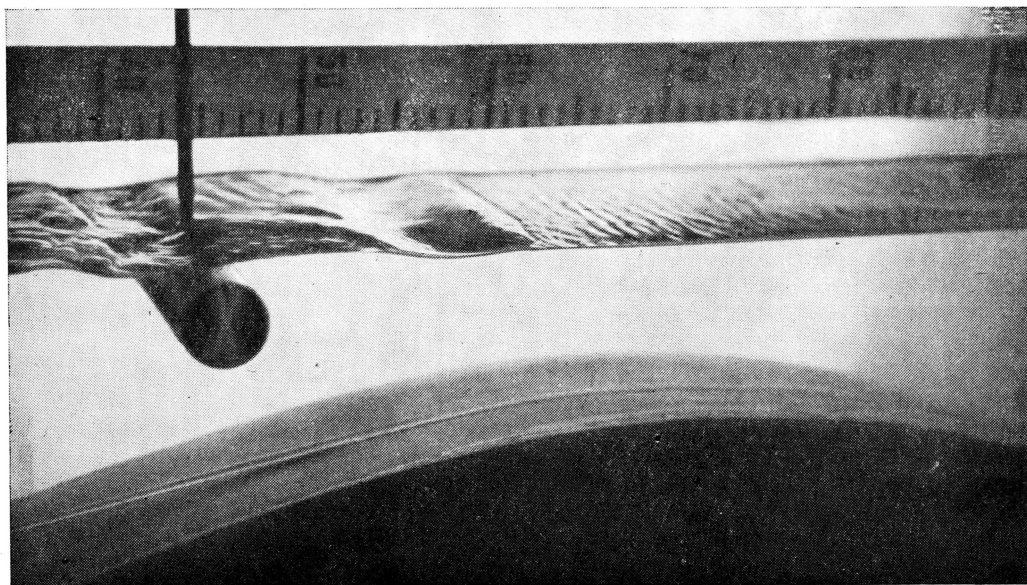
Волны, «живущие» в толще воды, обязательно должны как-то проявляться на поверхности. И сравнительно недавно океанологи это заметили. Но колебания эти, по-видимому, очень малы, выделить их на фоне существенно более крупных поверхностных волн далеко не просто. Но в данном случае природа, как говорится, пошла нам навстречу. В Северном Ледовитом океане льды гасят поверхностные волны и иногда могут служить индикатором движений, связанных с внутренними волнами. Измерения температуры воды на различных горизонтах под льдом (которые дают параметры внутренних волн) в сочетании с точными определениями наклонов льдин позволили надежно зарегистрировать связь этих явлений между собой.

Обнаружено, что над гребнями и ложбинами внутренних волн спектры поверхностных волн отличаются друг от друга. Схематически влияние внутренних волн на поверхностные можно представить себе так. В верхней части гребня как внутренних, так и поверхностных волн орбитальная скорость движения частиц в волне направлена по движению волны, в нижней же части ложбины — в противоположном направлении. Стало быть, поверхностные волны над гребнем внутренней волны и над ее ложбиной находятся в разных условиях. В простейшем случае, когда поверхност-

ные и внутренние волны бегут навстречу друг другу, на волны, которые оказались над ложбиной, действует попутное течение, а над гребнем — встречное. Попутное течение «растягивает» волны, и они становятся длиннее и положе, а встречное — «сжимает» их, и они становятся короче и круче. Участки поверхности океана, где высота и период волн под влиянием внутренних волн изменились, могут существенно отличаться по внешнему виду от окружающей акватории. Такие зоны с измененными параметрами волн хорошо видны с самолетов и даже из космоса.

Влияние внутренних волн на поверхностные наиболее сильное в случае некоторого определенного соотношения между скоростями внутренних и поверхностных волн, бегущих навстречу друг другу. В этом случае над гребнем внутренней волны возникает такое встречное течение, что поверхностные волны на нем могут совсем остановиться или даже отразиться от него как от препятствия. Это явление называют блокировкой поверхностных волн. Блокировку поверхностных волн на встречном течении можно видеть, поставив эксперимент в стеклянном лабораторном лот-

Имитация влияния внутренних волн на поверхностные в стеклянном лабораторном лотке. Видна граница, справа от которой картина поверхностных волн изменяется — на них действует внутренняя волна



ке. Для имитации влияния внутренних волн дну придается форма гребня внутренней волны, благодаря которой достигается необходимое изменение скорости течения вдоль лотка. Волны заданного периода ($2/3$ секунды) генерируются в лотке цилиндрическим волнопродуктором. Теоретический анализ показывает, что длина поверхностных волн и их скорость сложным образом зависят от их периода, поверхностного натяжения воды, а также от величины и направления скорости течения. Следовательно, при постоянном периоде волн (в нашем случае $2/3$ секунды) их длина и скорость могут оказаться самыми разными в зависимости от скорости течения. Поскольку скорость течения меняется вдоль лотка, то и длина волн в разных участках лотка разная.

Если где-то в лотке скорость волн и скорость встречного течения подчиняются некоторому соотношению, то здесь произойдет блокировка волн. После блокировки длина и скорость волн продолжат уменьшаться. Уменьшается и скорость встречного течения. После этого волны на поверхности, сохранившие неизменным свой период, но уменьшившие свою длину в несколько десятков раз, распространяются в том же направлении в виде мелких волн. В открытом океане происходят аналогичные процессы трансформации поверхностных волн на течениях, создаваемых внутренними волнами.

СЛИКИ

На поверхности морей и океанов практически всюду обнаруживаются тонкие пленки поверхностно-активных веществ. Возникают они как следствие естественной жизнедеятельности морских организмов или загрязнения моря. Внутренние волны, вызывая на поверхности переменные течения, существенно влияют на пленку поверхностно-активных веществ. Так, над участками между ложбинами и гребнями внутренних волн концентрация вещества пленки увеличивается или уменьшается. В результате в штилевую погоду на поверхности океанов и морей появляются слики или сликовые полосы (от английского *Sleek* — гладкий, лоснящийся). Такие полосы прекрасно видны невооруженным глазом даже при небольшом волнении и слабом ветре.

Если слики вытянуты в длинные параллельные полосы, то весьма вероятно, что в зарож-

дении полос «повинны» внутренние волны. В этом случае скорость перемещения сликовых полос равна скорости внутренних волн, а расстояние между полосами равно длине породивших их волн. Ширина таких полос зависит как от амплитуды внутренних волн, так и от скорости ветра, дующего над поверхностью океана. Интересно отметить, что какими бы ни были внутренние волны, но если скорость ветра больше $5-6$ м/с, то слики не наблюдаются.

При более сильном ветре, когда уже сликов нет, пленки поверхностно-активных веществ «помогают» зафиксировать на поверхности эффекты, обусловленные внутренними волнами. Дело в том, что пленки эти, особенно жировые, сильно гасят короткие ветровые волны. Образно рассказывает об этом Жюль Верн в «Пятнадцатилетнем капитане»: «Если вылить китовый жир на поверхность воды, когда «Пилигрим» будет проходить сквозь буруны, это на миг успокоит волнение и облегчит кораблю проход через рифы». И далее: «...матросы стояли на носу возле бочек с жиром, ожидая приказа капитана:

— Лей ворвань! — крикнул Дик, — Живей! Под слоем жира, который потоками лился на волны, море успокоилось, словно по волшебству, с тем, чтобы через минуту забушевать с удвоенной яростью».

Конечно, пленка обычно встречающегося в океане поверхностно-активного вещества не может столь эффектно гасить волны, но появление областей, отличающихся от соседних участков акватории, вполне вероятно. Такие области можно обнаружить и дистанционными методами, например радиолокационными или оптическими. Таким образом, можно судить о параметрах внутренних волн, не проводя прямых измерений. Радиолокационные станции на кораблях и самолетах с успехом применяются для обнаружения сликов или областей с повышенной концентрацией поверхностно-активных веществ, ибо характер отражения радиоволн здесь существенно отличается от окружающей акватории. Тот же принцип применяется и при использовании оптических методов: отражение света от рассматриваемых участков поверхности океана и окружающей акватории также весьма различно.

Изменения концентрации поверхностно-активных веществ и параметров поверхностных волн влияют и на излучательную способность этих областей в инфракрасном диапазоне. Следовательно, для изучения внутренних волн

можно использовать измерители инфракрасного излучения различных типов на самолетах и спутниках.

Интенсивные исследования внутренних волн, которые проводятся океанологами раз-

ных стран, несомненно, приведут к открытию новых и важных особенностей внутренних волн.

Внутренние волны в Индийском океане

В феврале 1981 года с борта научно-исследовательского судна «Дмитрий Менделеев» на западе Индийского океана исследовалось широкое поле высокочастотных внутренних волн. Дистанционные измерения показали, что особенно мощные внутренние волны генерировались в конечном счете приливнообразующими силами на склонах подводного Маскаренского хребта и распространялись в толще вод на восток. Пути таких волн с амплитудой в несколько десятков метров проявлялись на поверхности в виде бурлящих полос, опрокидывающихся поверхностных волн и сравнительно гладких полос слабого волнения. Полосы чередовались с интервалом 0,5–2,5 км и распространялись со скоростью 0,5–2 м/с.

Резкие периодические изменения волн на поверхности океана регистрировались с судна специальными дистанционными приборами радиофизического комплекса — радиометром-скаттерометром с рабочей длиной волны 0,8 см и радиометром с длиной волны 18 см. Антенны и приемно-передающие блоки располагались на гиростабилизированной платформе на 11-метровой высоте над водой. Надежно регистрируя поверхностные проявления внутренних волн, экспедиция измерила такие параметры, как например, расстояние между отдельными волнами (около 800 м) и фазовую скорость пакета волн (около 3 м/с).

Участники работ В. М. Веселов, А. А. Давыдов, В. А. Скачков, И. В. Черных, К. И. Воляк (Институт космических исследований АН СССР, Физи-



ческий институт АН СССР) считают, что наиболее важным результатом было воспроизведение профиля внутренней волны радиометром с длиной волны 0,8 см. Известия Академии наук СССР. Физика атмосферы и океана, 1984, 3

Последний рейс «Гломара Челленджера»

В ноябре 1983 года завершился 96-й рейс научно-исследовательского судна «Гломар Челленджер», в котором изучалось геологическое строение уникального района — подводный конус выноса в устье реки Миссисипи и прилегающая к нему область Мексиканского залива. (Миссисипский конус выноса представляет собой скопление осадочных пород мощностью около 4 тыс. м, простирающееся в море от устья реки до глубин более 3 тыс. м.)

Бурением здесь был обнаружен крупный и глубокий подводный канал, врезанный в тело конуса — проводящая артерия для осадков, выбрасываемых далеко от побережья, на 350 км. Обильные мелкозернистые осадочные породы переполнили русло канала и образовали высокие дамбы, или намывные валы. Ближе к окраинной области конус прорезан меньшими каналами,

которые, как главный, мигрировали, изменяя свое положение за сравнительно короткие (в геологическом смысле) периоды времени. Большая часть Миссисипского конуса, как показали данные бурения, образовалась в период последнего оледенения. В это время осадки здесь откладывались необычно бурно — от 6 до 12 м в тысячелетие.

В каждом из двух бассейнов на Луизианском континентальном склоне, где было проведено бурение, отложение осадков имело свои особенности. В бассейне Орка осадки поступали вследствие оползней, спускающихся по крутым склонам прилегающих соляных куполов. В бассейне Пигми, напротив, плотные слои серых глинистых пород накапливались благодаря их медленному осаждению из суспензии (взвеси), образующей выпележащие слои воды. Взятые здесь образцы отлично сохранившихся ископаемых микроорганизмов позволяют выполнить детальный анализ характера проявлений жизни в последнюю ледниковую эпоху.

Неожиданным открытием были мелкие льдистые «камешки», образованные газгидратами из черных и серых илов в бассейне Орка. Такие породы могут быть потенциальными источниками углеводородов, но они представляют опасность при бурении, так как связаны с большими массами газа, которые могут неожиданно вырываться со дна.

Этим рейсом завершилась продолжавшаяся 15 лет экспедиционная деятельность «Гломара Челленджера» по международному проекту «Глубинное бурение в море».

Deep Sea Drilling Project, 1983,

333



Доктор физико-математических наук
В. Г. ДЕМИН

Фридрих Бессель

(к 200-летию со дня рождения)

УЧЕНЫЙ — ЭНЦИКЛОПЕДИСТ

Астрономия по праву считается наиболее точной из всех естественных наук. Точность астрономических измерений поражает воображение: это — тысячные доли секунды времени, сотые доли угловой секунды, ошибки в расстояниях до небесных тел порядка миллионных долей процента, микрогалы в ускорениях силы тяжести! Удивительно точных результатов добиваются астрометристы. Их прецизионные наблюдения — это уже не только наука, но и высокое искусство. Одним из основоположников фундаментальной и практической астрономии считается выдающийся немецкий ученый прошлого века Фридрих Вильгельм Бессель, заслуживший непререкаемую репутацию первоклассного наблюдателя. Его филигранная техника астрономических наблюдений сочеталась с редкостным трудолюбием: ему понадобилось всего около десяти лет для наблюдений 75 000 звезд на меридианном круге и около четырех лет для создания первоклассного каталога более чем 3200 звезд!

Вклад Бесселя в науку о космосе не ограничивается одними астрономическими работами. Он не только мастерски определял из наблюдений видимые положения и движения небесных тел, но и методами небесной механики предвычислял их положения, солнечные и лунные затмения, находил массы больших планет, элементы орбит спутников Сатурна. Небесно-механические расчеты также обладают исключительной точностью. Достаточно вспомнить, что еще в прошлом веке в движении больших планет выявились невязки, составляющие доли угловой секунды в год, которые позднее были объяснены релятивистской небесной механикой. Велик вклад Бесселя и в этот раздел астрономии. Специальные функции, носящие имя ученого, широко применяются и в теории невозмущенного кеплеровского движения, и в теории возмущений.

Нет ни одного специалиста по небесной механике или динамике космического полета, который смог бы обойтись в своей работе без результатов Бесселя. Это и понятно. Ведь без функций Бесселя аналитически не решается даже уравнение Кеплера, устанавливающее связь между положением планет и спутников на эллиптических орбитах и временем.

Сложным орешком для астрономии всегда были кометы. Непросто рассчитывать их пути среди планет, трудно разбираться в происходящих в них физических процессах. Сегодня в ожидании сближения со знаменитой кометой Галлея мы с благодарностью можем вспомнить Фридриха Бесселя, который в начале прошлого века немало потрудился над вычислениями ее орбиты, заполнив численными расчетами более трехсот страниц. Безыntenесно отметить, что наблюдения кометы Галлея, выполненные Бесселем, привели к выводу о существовании сил, отбрасывающих частицы из головы кометы. Бессель создал первую теорию движения частиц вблизи головы кометы. Этот результат лег в основу теории кометных форм, которая была позднее разработана усилиями прежде всего отечественных ученых — Ф. А. Бредихина и С. В. Орлова (Земля и Вселенная, 1982, № 1, с. 45; 1981, № 1, с. 45.— Ред.). Думается, что работы Бесселя послужили одним из стимулов для становления механики тел переменной массы.

Картографам и геодезистам, гравиметристам и геофизикам, космологам и небесным механикам — всем нужны точные сведения о земном эллипсоиде. Более сотни лет геодезисты пользовались эллипсоидом Бесселя. Из четырех исторически первых определений параметров земного эллипсоида результаты Бесселя (1841 г.) были наилучшими. В нашей стране эллипсоид Бесселя использовался



Фридрих Вильгельм Бессель (1784—1846)

вплоть до 1946 года, когда Постановлением Совета Министров СССР он был заменен эллипсоидом Красовского. Бесселев земной эл-

липсоид — это не только плод громоздких и виртуозных расчетов, но и результат непосредственно выполненных им градусных измерений.

Земной эллипсоид Бесселя характеризуется следующими значениями большой полуоси (a) и полярного сжатия (α): $a=6\,377\,397$ м,

$\alpha=1/299,15$. Современные определения параметров земного эллипсоида, проведенные по данным геодезических, гравиметрических и спутниковых измерений, таковы: $a=6\,378\,140$ м, $\alpha=1/298,257$. (Эти результаты рекомендованы XVI Генеральной ассамблеей Международного астрономического союза в 1976 году.)

В связи с потребностями геодезии Бессель существенно развил сфероидическую геометрию и тригонометрию, устанавливающие связи между элементами фигур и прежде всего треугольников на эллипсоиде вращения. Немало он сделал для нужд практической геодезии. Приходилось Бесселю заниматься и проблемами топографии (низшей геодезии). Ему принадлежит немалая роль в создании способа барометрического нивелирования и определения высот этим способом. Все эти работы прославили их автора во многих поколениях геодезистов.

Не утратили своего значения исследования Бесселя по математической обработке результатов измерений, математической статистике и прикладной математике. Он развил гауссов метод наименьших квадратов, ныне часто применяемый в космических исследованиях как в его классической форме, так и в виде модификаций (метод максимального правдоподобия, метод наименьших модулей и пр.). Бессель впервые предпринял практическую проверку истинности гауссова закона нормального распределения случайных величин. Памятью о нем в теории ошибок всегда будет служить наусушно необходимая формула для наиболее вероятного значения средней квадратичной ошибки, определяемой из измерений величины.

Следует упомянуть также **интерполяционную формулу Бесселя**, лежащую в основе одного из способов численного интегрирования дифференциальных уравнений движения небесных тел.

Математикам хорошо известны **цилиндрические функции** Бесселя. Хотя впервые они были предложены Эйлером, но заслуга разработки их теории, методики применения и внедрения в практику принадлежит Бесселю. Он же составил обстоятельные таблицы числовых значений этих функций, потому они и получили название бесселевых.

Функции Бесселя применяются не только в небесной механике, но и в задачах теории потенциала (в различных силовых полях), в математической физике и механике сплошных сред (теории пластичности и упругости

и т. д.). Например, они необходимы при решении уравнения теплопроводности, описывающего процесс распространения тепла в средах. Наряду с полиномами Лежандра они явились первой ласточкой на пути формирования теории специальных функций, без которых немислимы ни современная физика, ни современная механика, ни техника.

Дифференциальное уравнение (то есть уравнение, содержащее искомую функцию под знаком производной) Бесселя второго порядка, приводящее к цилиндрическим функциям, было получено самим Бесселем и вместе с уравнением Гаусса стало первым из тех уравнений, которые впоследствии привели к созданию аналитической теории дифференциальных уравнений. Такая оценка дифференциального уравнения Бесселя представляется исторически вполне справедливой.

Память о замечательном ученом осталась в математике не только в перечисленных результатах, но и в устоявшихся математических терминах — таких, как бесселев потенциал, бесселева система в теории ортогональных функций, неравенство Бесселя...

Круг научных интересов ученого не ограничивался физико-математическими науками. Для метрологии и гравиметрии важное значение имели исследования Бесселя по динамике физического маятника, в частности, он развил теорию движения маятника на ноже закругленной формы. Бессель проделал высокоточные измерения длины секундного маятника, предложил конструкцию обратного маятника, практически определял силу тяготения тел, обладающих различными физическими характеристиками. Бессель много занимался вопросами хранения, сравнения и распределения линейных единиц измерения. Проблема эта лишь на первый взгляд кажется простой. На самом же деле во времена Бесселя она была камнем преткновения для лучших механиков и инженеров Англии и Франции. Бесселю удалось решить вопрос об оптимальном выборе места для подпорок мерных жезлов при их хранении. И поныне метрологи именуют эти места «бесселевыми точками».

Бесселя интересовали разнообразные природные явления. Он занимался и полярными сияниями, и «блуждающими огнями», и проблемой существования лунной атмосферы.

Научное наследие Бесселя огромно. Его перу принадлежит около 500 работ, не считая интереснейшей переписки с К. Гауссом, Г. Оль-

берсом, В. Я. Струве и другими выдающимися учеными.

Знакомясь с богатой палитрой научных результатов и интересов Бесселя, невольно приходишь к мысли, что, будь Бессель современником Даламбера и Дидро, он, благодаря могуществу своего научного интеллекта, несомненно вошел бы в славную когорту ученых-энциклопедистов. Но для XIX века — века Бесселя — была уже характерна дифференциация быстро развивающихся естественных наук. Однако разносторонность интересов, широта и глубина научного подхода Бесселя невольно воскрешают фундаментальный подход к проблемам наук, присущий энциклопедистам.

Наряду с научными исследованиями Бессель занимался преподаванием в Кенигсбергском университете и со временем стал известным профессором. Он подготовил плеяду видных ученых, среди которых был Ф. Аргеландер.

Приятно вспомнить о прочных и плодотворных связях Бесселя с русскими учеными. Он постоянно переписывался с директором Пулковской обсерватории В. Я. Струве, геодезистом К. Теннером. Думается, что без этой связи Бесселю вряд ли удалось бы при построении земного эллипсоида относимости прийти к высокоточным результатам, поскольку он не только воспользовался русскими градусными измерениями, но и сделал их привязку к своим градусным измерениям.

ГИППАРХ XIX ВЕКА

В этом году отмечается юбилейная дата: 22 июля исполняется 200 лет со дня рождения Бесселя. Его жизнь — не только впечатляющий пример служения науке. Такие примеры в истории науки не единичны. Его биография представляет немалый интерес для специалистов и многочисленных любителей астрономии. Ведь астрономия в некотором отношении наука особая. И в ее истории, и ныне мы нередко встречаемся со случаями, когда важнейшие открытия делались любителями, не имевшими специального образования. Вспомним немецкого врача Г. Ольберса, аптекаря Г. Швабе, американского лаборанта К. Томбо и многих других представителей славной армии пламенных любителей астрономии, которые своими наблюдениями небесных светил помогли развитию астрономии. Бессель был первоначально любителем астрономии и самоучкой, не получившим универси-

тетского образования и не обладавшим регулярной систематической подготовкой. И в этом отношении жизнь Бесселя поучительна для многих почитателей науки.

Будущему ученому выпало нелегкое детство: в семье было девять детей, и его отцу, мелкому служащему, едва удавалось сводить концы с концами. Это вынудило Бесселя рано покинуть гимназию и с детских лет работать. Он поступил учеником в один бременский торговый дом сроком на семь лет. Желая стать квалифицированным торговым агентом, он самостоятельно изучил географию, иностранные языки и мореходную астрономию. Знакомство с астрономическими методами морской навигации пробудило у юноши интерес к звездному небу, а изучение астрономии заставило заняться математикой. Талантливый юноша быстро и глубоко осваивал науки. Ему удалось преодолеть многотрудный путь от любителя астрономии до знаменитого ученого. Уже в 26 лет он стал профессором Кенигсбергского университета.

Свои первые астрономические работы Бессель выполнил с помощью кустарно изготовленных часов с секундной стрелкой и секстантом. С этими инструментами он, наблюдая покрытия звезд Луной, определил географическую долготу Бремена. Это было первое наблюдение, послужившее началом его триумфального пути в астрономии. В течение длительного времени Бессель занимался своим любимым делом только урывками, лишь в свободное от работы время, оставляя на сон не более четырех-пяти часов в сутки.

В 1806 году Бессель делает решающий выбор. Он отказывается от заманчивой перспективы стать преуспевающим и обеспеченным коммерсантом и выбирает «бедность и звезды». Благодаря счастливому стечению обстоятельств ему удалось познакомиться с Г. Ольберсом, жившим в Бремене. Он высоко оценил талант молодого человека и рекомендовал его наблюдателем в частную обсерваторию близ Бремена, владелец которой И. Шрертер был одним из лучших наблюдателей того времени. За четыре года пребывания в этой обсерватории Бессель обработал звездные наблюдения Дж. Бадделя и вывел из них постоянные прецессии, нутации, абберрации и рефракции, существенно превосходящие по точности все предыдущие определения. Они послужили серьезным вкладом в фундаментальную астрономию того времени. Результаты этих работ Бесселя изложены в трактатах



Астрономическая обсерватория в Кенигсберге в 40-е годы прошлого века. В башне был установлен гелиометр

«Tabulae Regiomontanae» и «Fundamenta Astronomiae».

В 1810 году по рекомендации А. Гумбольдта Бессель получил приглашение занять должность профессора Кенигсбергского университета и директора строившейся там астрономической обсерватории, ставшей его детищем. Здесь он оставался до самой смерти, последовавшей 17 марта 1846 года.

Как Паганини скрипкой, Бессель артистически безукоризненно владел астрономическими инструментами. И не случайно его называли Гиппархом XIX века. План детального изучения неба и составления каталогов звезд, предложенный Бесселем, был принят на ряде обсерваторий. Работы эти, нужные сами по себе, оказали помощь в поиске новых астероидов.

Представление об искусстве Бесселя как наблюдателя можно получить из анализа двух замечательных открытий ученого. Прежде всего рассмотрим его измерения годичного параллактического смещения звезд. Немало предшественников Бесселя, даже искусный Брайлей, не смогли обнаружить параллаксы звезд: они оказывались за пределами точно-

сти их наблюдений (Земля и Вселенная, 1973, № 3, с. 50—Ред.). Бессель же в 1837—1838 годах из 402 наблюдений на гелиометре установил годичный параллакс звезды 61 Лебеда, который оказался равным $0,4''$. Таким образом, он, добившись почти десятикратного увеличения точности измерения положений звезд по сравнению с брадлеевскими наблюдениями, впервые надежно определил расстояния до звезд и установил шкалу межзвездных расстояний.

Второй замечательный цикл наблюдений Бесселя связан с Сириусом и Прозионом. В их видимых положениях он обнаружил периодические отклонения с чрезвычайно малой амплитудой. Для объяснения этого феномена Бессель выдвинул гипотезу, что Сириус и Прозийон обладают массивными темными спутниками. Позднее (после его смерти) гипотеза блестяще подтвердилась наблюдениями.

Эти достижения стали возможными не только благодаря виртуозности Бесселя как наблюдателя, но и потому, что он, пожалуй, первым в астрономии задумался над проблемой организации и планирования наблюдений. Ныне часто можно встретиться с обсуждением проблем планирования (и притом оптимального!) измерений и методов их статистической обработки. Не было бы ошибкой считать работы Бесселя как пионерские работы в этом направлении. Знакомство с организацией наблюдений, выбором моментов наблюдений, состав-

вом измерений в работах Бесселя с несомненной свидетельствует о том, что он хотя и не формализовал математическую задачу об оптимальном планировании измерений, но практически стремился к этому.

Создавая основы практической астрономии, Бессель думал не только о вопросах планирования наблюдений, но и о путях уменьшения систематических ошибок инструмента и наблюдателя. В те времена еще не было безличной автоматической регистрации наблюдений, поэтому имели существенное значение личные качества наблюдателей. Бессель был первым, кто достоверно обнаружил «личную инструментальную разность» (личное уравнение) и поставил вопрос об исключении «личных» ошибок надлежащей организацией наблюдений, а также об изучении личного уравнения в зависимости от внешних условий. Личное уравнение может быть очень заметным. Например, разность личных уравнений у Бесселя и В. Я. Струве составляла около секунд времени.

Бессель разработал способы борьбы с систематическими ошибками, вызванными инструментами. Например, исследование ошибок меридианного круга, выполненное Бесселем, составило эпоху в астрометрии. Бессель стремился освободить наблюдения от систематических ошибок, чтобы при математической обработке результатов наблюдений иметь дело только со случайными ошибками, эффект которых строго оценивается методами математической статистики.

ЕДИНСТВО ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

Исследования Бесселя невольно наводят на размышления о путях развития науки. В какой мере должен присутствовать утилитарный подход? И сколь много усилий ученых должно быть направлено на решение фундаментальных проблем? Это особенно важно сейчас, в эпоху современной научно-технической революции, когда наука стала производительной силой. Нельзя, очевидно, превращать науку в служанку практики, но было бы серьезной ошибкой, если бы она служила только академическим целям.

Пример научных изысканий Бесселя дает нам материал для формирования правильного решения этой проблемы. Бессель одновременно и прикладник, и теоретик. Но в любом научном исследовании он исходил из практической задачи, завершая свой анализ иссле-

дованиями общего характера и формулируя математические проблемы, генетически связанные с практикой.

В этом отношении обращают на себя внимание его геодезические работы, особенно градусные измерения в Восточной Пруссии. Дуга протяженностью в $3^{\circ}4'$ прокладывалась при непосредственном участии Бесселя. Весь процесс полевых работ и камеральная обработка, занявшие около четырех лет, изложены в трактате Бесселя «*Gradmessung in Ostpreussen*». Бессель внес много нового в практику геодезических измерений. Он предложил новый базисный прибор («мерный клин Бесселя»), внедрил пассажный инструмент в астрономическую часть геодезических измерений. При организации измерений Бессель не пренебрегал никакими мелочами: например, при выполнении геодезических работ он занимался даже устройством визирных целей.

В области математической обработки результатов наблюдений Бессель провел глубокую ревизию применявшихся методов и предложил математически обновленную и строго обоснованную систему и алгоритмы обработки. Он решил сложную проблему редукции, то есть перехода от измерений на физической поверхности к математическому решению на поверхности земного эллипсоида.

Бессель дал новый метод решения сферических треугольников произвольных размеров. В сущности, он обратился к сложной проблеме геометрии XIX века о решении треугольников, образованных геодезическими линиями на произвольной поверхности. Бессель превзошел даже Гаусса, изучавшего эти вопросы в своих «общих исследованиях кривых поверхностей» лишь для треугольников малых размеров. Выдающийся геометр Гаусс в одном из писем к Бесселю вынужден был признать, что ему нечего добавить к исчерпывающим геодезическим рассмотрениям Бесселя.

Таким образом, труды Бесселя свидетельствуют о том, что, разрешая даже «сиюминутные» практические задачи, можно подниматься до больших теоретических обобщений и решать проблемы «чистой» науки. Иными словами, в жизни нет необходимости противопоставлять чистую и прикладную науки. Они должны находиться в диалектическом единстве.

Труды Фридриха Бесселя продолжают служить людям. Его гений оставил след в астрономии XX века. Формулы Бесселя живут в современной небесной механике и динамике



Кандидат географических наук
В. А. МАРКИН

Алексей Федорович Трешников

(к 70-летию со дня рождения)

АРКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

В предисловии к очерку о жизни своего старшего коллеги и учителя, известного полярного исследователя В. Ю. Визе Алексей Федорович Трешников писал: «Окончательный выбор направления деятельности иногда происходит случайно... Но случайность эта кажущаяся — просто склонность к этой деятельности дремала где-то внутри и пробудилась, овладев мыслями и стремлениями человека полностью». Эти слова можно отнести и к нему самому — его детство и юность пришлось на то время, когда в нашей стране разворачивался научный штурм Арктики. Профессия полярника была тогда одной из наиболее почетных.

Впервые А. Ф. Трешников встретился с Арктикой в августе 1938 года, на острове Диксон. Студентом географического факультета Ленинградского университета он проходил производственную практику в составе гидрографической экспедиции на небольшом судне «Иван Папанин». Судьба тогда соединила его

с молодым гидрологом Михаилом Сомовым. Он совсем не собирался работать в Арктике и «нацеливался» на Азовское море. Но первое же знакомство с Арктикой сделало его полярником на всю жизнь.

1940 год. С небольшой группой гидрологов А. Ф. Трешников спускается вниз по Лене к бухте Тикси, затем на судне «Темп» направляется к проливу Дм. Лаптева, где проводит серию многосуточных гидрологических наблюдений — определяет температуру и химический состав воды на разных глубинах, изучает капризный нрав течений в проливах Лаптева и Санникова. Так началась зимовка Трешникова на Новосибирских островах.

Предстояли зимние работы. Но прежде был выстроен дом на острове Большой Ляховский, откуда вместе с радистом Трешников на собачьей упряжке добрался до берега пролива Санникова. Всю долгую полярную ночь он вел метеорологические наблюдения. А с восходом солнца, в жестокий мороз, три человека, пройдя по льдам около четырехсот километров, пятнадцать суток работали на льду пролива

космических полетов. Продолжая дело Бесселя, мы вновь обращаемся к исследованиям кометы Галлея. Бесселево решение прямой геодезической задачи по-прежнему используется в инженерной практике. В абстрактном современном курсе аналитической теории дифференциальных уравнений мы встречаем исследование уравнения Бесселя. Не забывают своего великого предшественника — автора фундаментального звездного каталога — астрономисты. Инженеры самых разных специальностей при обработке рядов измерений обращаются к бесселевой формуле для среднеквадратичной ошибки. Фридрих Бессель бесмертен в своих делах.

Именно такие труды, как исследования Бес-

селя, позволили А. Пуанкаре с полным правом сказать: «Астрономия полезна, потому что она возвышает нас над нами самими; она полезна, потому что она величественна; она полезна, потому что она прекрасна... Именно она являет нам, как ничтожен человек телом и как велик он духом, ибо ум его в состоянии объять сияющие бездны, где его тело является лишь темной точкой, в состоянии наслаждаться их безмолвной гармонией. Так приходим мы к сознанию своей мощи. Здесь никакая цена не может быть слишком дорогой, потому что это сознание делает нас сильнее».





Алексей Федорович Трешников

Санникова. Около месяца возвращались полярники к острову по уже разрушенному таянием льду, проваливаясь в ледяную воду, без пищи и сна. «В эту зимовку я держал экзамен. Мне кажется, что я его выдержал», — так заканчивается книга Трешникова об этой очень нелегкой экспедиции.

С опозданием на три дня зимовщики узнали о начале Великой Отечественной войны. А. Ф. Трешников остался в Арктике, возглавив ледовый патруль ее западного сектора, который подвергался нападениям фашистских кораблей и самолетов. Полученные тогда материалы по полярной гидрологии были затем использованы при создании атласов течений и гидрологических «портретов» отдельных районов Северного Ледовитого океана, имевших практическое значение для навигации по Северному морскому пути. Работа «Динамика водного режима Ледовитого океана и проливов Новосибирских островов» стала кандидатской диссертацией А. Ф. Трешникова. После ее защиты в 1946 году Трешникова назначают

заведующим одного из главных подразделений Арктического института — отдела ледоведения. Вскоре появляется новое крупное исследование — «Янский ледяной массив», посвященное гидрологии льдов Чукотского моря, которые раздавили в 1934 году пароход «Челюскин». А потом пришла пора открытий.

...Это было в конце 40-х годов. Несколько научных групп (их называли «прыгающими отрядами») очередной высокоширотной экспедиции Арктического института «Север» совершали на самолетах посадки на дрейфующие льды приполюсных пространств. В пункте каждой посадки проводились круглосуточные исследования, и А. Ф. Трешников был активным участником этих работ. В августе 1949 года его назначили начальником экспедиции на гидросамолете, предназначенном для аэромагнитной съемки. Кроме съемки составлялась и подробная карта ледяного покрова от Новой Земли до острова Врангеля и к северу вплоть до 83° с. ш. Тогда пришлось пролететь над Арктикой 50 тыс. км.

Зима отдана работе над картой, а весной следующего года, как обычно, в апреле, — очередная экспедиция, на этот раз «Север-4». «Теперь уже мы не были новичками, — читаем в книге Трешникова «У полюсов Земли», — поэтому на устройство лунки, установку лебедки, палатки и всех приборов уходило 2—3 часа, а на выполнение комплексных научных исследований в одной точке — один-два дня». Из пункта, где глубина океана была более 4000 м, «перепрыгнули» ближе к полюсу. До «оси Земли» оставалось 280 км. Вновь стали измерять глубину, и тут «барабан лебедки резко остановился, когда на счетчике было всего лишь 1005 метров...». То была одна из вершин хребта Ломоносова.

С этой «находки», по существу, начался этап «великих географических открытий» на дне Мирового океана. И в этих исследованиях велика заслуга А. Ф. Трешникова. В 1949 году ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда. В Северном Ледовитом океане за котловинами Макарова и Подводников был открыт еще один трансарктический хребет, названный хребтом Менделеева. В разделяющем арктические и атлантические воды порог Нансена обнаружен желоб Лены, а между хребтами Ломоносова и Менделеева — Срединно-Арктический хребет, которому дано имя полярного гидролога Я. Я. Гаккеля (Земля и Вселенная, 1984, № 1, с. 70. — Ред.).



А. Ф. Трешников на «СП-3», 1954 год

В 1954—1955 годах А. Ф. Трешников провел в Центральной Арктике 14 месяцев, руководя работой дрейфующей станции «СП-3». Через четыре с половиной месяца после начала дрейфа льдина прошла в 30 км от Северного полюса, прямо над подводным хребтом Ломоносова, который был подробно исследован. Работа гидрологов, производивших промеры глубин, доставку со дна колонок грунта, измерение температуры и солености воды на разных глубинах, была только одним из разделов обширной научной программы, выполнявшейся на «СП-3». Изучались закономерности движения льда под воздействием морских течений и ветров, изменение параметров магнитного поля, особенно в районе крупнейшей в северном полушарии магнитной

аномалии по обе стороны от хребта Ломоносова.

Более 2000 км прошла «льдина Трешникова». Немало неожиданных (чаще всего среди ночи) «авралов» пришлось организовывать Трешникову, когда гряды торосов подступали к палаткам и домикам или трещины мгновенно превращались в широкие полыньи. Наблюдения за погодой подтвердили вывод, сделанный еще после «папанинского» дрейфа, — циклоны с Атлантического и Тихого океанов проникают в центр Арктики. Впервые тогда был выполнен круглогодичный цикл аэрологических исследований, которые позволили глубже изучить строение полярной атмосферы, ее динамику.

Дрейфующие станции «СП-3» и «СП-4» обозначили начало периода постоянных наблюдений в северной околополюсной области; ежегодно две станции работают во льдах Арктики, регулярно сообщая данные о погоде в той области земного шара, которая играет большую роль в формировании погоды на всей планете. У истоков этих работ стоял Алексей Федорович Трешников. В его монографии «Структура циркуляции вод Арктического бассейна», изданной в 1972 году, Северный Ледовитый океан предстает как одно из звеньев единой системы Мирового океана. Монография стала серьезным вкладом в теорию океанских течений.

РАБОТА АНТАРКТИЧЕСКАЯ

Арктическая работа — прекрасная школа. Справедливы слова М. М. Сомова: «Историю советских полярных исследований можно было бы охарактеризовать как смелое новаторство, как творческое преодоление традиционных представлений о процессах, происходящих в Центральной Арктике». Естественным продолжением этой работы стали исследования советских ученых в Антарктиде. В 1958 году Арктический институт был преобразован в Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ). И вскоре А. Ф. Трешников становится его директором. С институтом связана по существу вся его жизнь, вся трудовая деятельность.

Трешников вырос в ААНИИ, и ААНИИ вырос вместе с ним, превратился в самый крупный в мире научный центр полярных исследований. В его подразделениях ведутся исследования по десяткам научных направлений — от гидрологии и гляциологии до гео-

физики и полярной медицины. Для руководства таким институтом необходима подлинная широта научного диапазона, и ею обладает А. Ф. Трешников.

...12 декабря 1956 года дизель-электроход «Обь» подошел к кромке припая в море Дэйвиса. Он доставил сюда вторую Советскую антарктическую экспедицию.

«Вот он, шестой континент нашей планеты! Безмолвный, ледяной, таинственный, загадочный, пустынный,— писал А. Ф. Трешников, начальник этой исторической экспедиции.— В розовом свете лучей восходящего солнца голубел сквозь дымку поднимающийся к югу покрытый мантией снега закованный в лед континент...»

Новый состав зимовки в Мирном — 188 человек — более чем вдвое превышает прошлогодний, возглавлявшийся М. М. Сомовым. Намного сложнее исследовательские работы, к тому же планировалась организация новых санно-тракторных поездов и станций внутри континента.

В первый поход выступили очень скоро. 29 декабря на четырех тягачах группа, возглавляемая А. Ф. Трешниковым, начала продвигаться в глубь континента. 7 января группа прибыла на Пионерскую, первую советскую внутриконтинентальную станцию. В октябре 1957 года саннотракторный поезд (во главе его опять А. Ф. Трешников) двинулся к Южному геомагнитному полюсу, где предполагалось провести специальные наблюдения и организовать новую станцию «Восток» на высоте 3500 м над уровнем моря — более чем в 1000 км от Мирного. Здесь природные условия наиболее суровые на планете: температура падает почти до -90°C .

А затем предстояло организовать новые и новые станции. К концу Международного геофизического года их было уже семь: Мирный, Оазис, Пионерская, Комсомольская, Восток, Советская, Полюс Недоступности.

За прошедшие с тех пор годы советские ученые опубликовали свыше четырех тысяч статей и книг по различным вопросам, связанным с Антарктидой, выпустили в свет 60 томов научных трудов. Наиболее крупный из них — двухтомный «Атлас Антарктики» (1966 год), в котором подведены итоги исследований по всей программе МГГ. Как член редколлегии и участник авторского коллектива А. Ф. Трешников удостоен Государственной премии СССР.

Среди трудов ученого — монография «Осо-

бенности ледового режима Южного Ледовитого океана», вышедшая в 1963 году. В ней обобщены результаты многолетних исследований, проводимых советскими антарктическими экспедициями на подступах к ледовому континенту. Морские плавучие льды, припай, айсберги, полыньи — вот «герои» этой книги.

В книге утверждается, что «перенесение советскими исследователями опыта, методики и принципов наблюдений за морскими льдами в арктических морях оказало большое влияние на изучение ледяного покрова Антарктики». И это действительно так, хотя льды южнополярной области мало похожи на своих северных «сородичей». Да и условия работы у двух полюсов планеты совершенно разные, не говоря уже об удаленности антарктических станций. Поздней осенью 1963 года был проложен «воздушный мост» Москва — Антарктида. Руководителем сверхдальнего перелета по неизведанной трассе назначили А. Ф. Трешникова. На двух турбовинтовых самолетах ИЛ-18 нужно было доставить к началу южнополярного лета часть сотрудников девятой антарктической. Было задание основать новый научный центр — обсерваторию Молодежную. Почти две недели понадобилось самолетам для «прыжка» в 25 000 км к антарктическим льдам — заставила себя ждать антарктическая летная погода.

В прошлом году исполнилось 20 лет этому первому полету из Москвы в Антарктиду, через два года мы будем отмечать 30-летие второй антарктической экспедиции, а через три года — 20 лет тринадцатой антарктической экспедиции, начальником которой тоже был А. Ф. Трешников. Все это — важнейшие вехи «антарктического этапа» в биографии полярного ученого.

Самое яркое событие тринадцатой экспедиции — путешествие вокруг Антарктиды, которое А. Ф. Трешников совершил на научно-исследовательском судне «Профессор Визе». Рейс продолжался 96 суток, с заходом в Мирный, в новозеландский порт Веллингтон и в бухту Ардли на приантарктическом острове Ватерлоо — там начальник тринадцатой антарктической основал новую советскую научную станцию — Беллинсгаузен...

ЭКСПЕРИМЕНТ В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ

Успешное проведение Международного геофизического года (Земля и Вселенная, 1983, № 1, с. 56.— Ред.) стимулировало появление



А. Ф. Трешников на антарктической станции Молодежная, 1973 год

серии международных научных мероприятий, которые сделали сотрудничество ученых разных стран в исследовании Земли практически непрерывным. Некоторые из проектов осуществляются под эгидой ЮНЕСКО, другие — в рамках межгосударственных соглашений, третьи возникают, когда совпадают цели национальных исследовательских программ. К последним следует отнести и советско-американские исследования Южного океана.

Он хорошо знаком А. Ф. Трешникову, прошедшему в 1966 году все его долготы вдоль антарктического побережья. В 1973 году Алексей Федорович руководил эвакуацией пассажиров и экипажа «Оби», которым пришлось дрейфовать во льдах. По возвращении из этой последней экспедиции в Антарктику он выдвинул идею о комплексном исследовании обоих полярных океанов Земли. Под его руководством была разработана программа «Полярный эксперимент» (ПОЛЭКС), разделившаяся на ПОЛЭКС-Север (в Арктике и сопредельной Северной Атлантике) и ПОЛЭКС-Юг (в Антарктике и Южном океане). Обе эти программы успешно сочетаются, потому что

в конечном счете направлены к одной цели — познанию закономерностей формирования и взаимодействия гидрологического, ледового и аэрометеорологического режимов северной полярной области. Осуществление этих программ должно содействовать разработке теории колебаний климата, а также повышению оправданности прогнозов ледовой и метеорологической обстановки.

Совместные советско-американские эксперименты проводятся регулярно с 1974 года. Постепенно становится ясной сложная структура и в проливе Дрейка, отделяющем южнополярный континент от Южной Америки, и в широком водном пространстве между Антарктидой и Австралией, раскрываются закономерности взаимодействия атмосферы и океана, процессы энергетических изменений в толще вод Южного океана, от которых, по-видимому, в сильной степени зависят циркуляция вод всего Мирового океана и формирование погоды на планете (Земля и Вселенная, 1984, № 2, с. 84.—Ред.). Для налаживания сотрудничества много усилий приложил академик А. Ф. Трешников, справедливо признанный «идеологом» ПОЛЭКСа. Сотрудничество реализуется в форме регулярных совещаний, на которых обсуждаются результаты советских

и американских работ, в обмене материалами экспедиций, в участии специалистов двух стран в совместных морских рейсах...

ПРЕЗИДЕНТ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Бывает так, что ученый, работавший в различных направлениях науки, с течением времени все более сужает круг своих интересов, углубляясь в какую-то одну тему. Для Алексея Федоровича Трешникова характерна иная тенденция. Оставаясь полярным исследователем, что само по себе невозможно без определенной широты знаний и опыта, он выходит в «большую географию». И не случайно именно он, удостоенный одной из высших наград Географического общества СССР — Золотой медали Ф. П. Литке, был избран президентом этой старейшей научной организации в России. А. Ф. Трешников стал седьмым президентом Географического общества СССР. Возглавляя столь массовую организацию, А. Ф. Трешников решает многие вопросы. Среди них и конкретная помощь многочисленным научным экспедициям, число которых растет с каждым годом.

История полярных исследований — предмет особого внимания А. Ф. Трешников. Ему довелось общаться с выдающимися исследователями полярных морей Н. Н. Зубовым, В. Ю. Визе, М. М. Сомовым — о них он написал книгу. Как и о тех, кого не знал лично, — о шведском инженере С. Андрэ и великом норвежце Р. Амундсене.

Многим довелось слушать его лекции в залах Всесоюзного общества «Знание», постоянно эту возможность имеют студенты географического факультета ЛГУ, в первую очередь, руководимой им кафедры океанологии.

И вот — новость, которая, вероятно, может показаться неожиданной. В 1982 году академик А. Ф. Трешников назначается директором ленинградского Института озероведения АН СССР. Судьбы русских озер, унаследованных от ледникового периода и ныне оказавшихся под угрозой загрязнения, а то и постепенного исчезновения, судьбы всех больших и малых озер нашей страны — вот что сделалось теперь главной заботой полярного исследователя...

Очень ценно, что А. Ф. Трешников органично сочетает научную деятельность с активной популяризацией науки.

Он увлекательно рассказал в своих книгах — а их не менее десятка — о всех важнейших экспедициях, участником которых был. Если юного Трешникова увлекали некогда книги Ф. Нансена, Р. Л. Самойловича, Р. Амундсена (к столетию со дня его рождения вышел написанный Трешниковым биографический очерк), то новые поколения полярных исследователей свое знакомство с суровой, но романтической профессией начинают с таких широко известных книг Трешников, как «У полюсов Земли», «Вокруг Антарктиды», «Зимой в Южном океане», «Их именами названы корабли науки». А «История исследования Антарктиды» А. Ф. Трешников — наиболее полная и подробная из всех, что созданы к настоящему времени...

Новые книги

«Летопись» холода

Холодные периоды в истории Земли во многом сформировали нынешние очертания материков, в значительной степени «обозначили» современный растительный и животный мир, словом, были одной из могучих сил, создавших облик нашей планеты. Неоднократно охватывающим Землю оледенениям посвящена книга В. В. Бердникова «Древний холод» (М.: Мысль, 1983). Книга состоит из трех глав. В первой охарактеризованы эпохи оледенений, обсуждаются гипотезы

и теории существования ледников, начиная от рифтовой гипотезы, предложенной англичанином Ч. Лайелем в середине прошлого века. Автор делает попытку реконструировать картину различных ледников Земли в прошлом и проследить, как они «меняли карту» огромных территорий.

Об «ископаемых следах» мерзлоты рассказывается во второй главе. Это и ледяные клинья, встречающиеся в стенках современных карьеров и на обрывистых берегах рек, и многолетнемерзлые породы мощностью до нескольких сот метров на больших глубинах

в недрах Земли, и выходящие на поверхность «пятна» мерзлых пород, особенно хорошо заметные на снимках из космоса. Читатель узнает, как изучая различные данные, ученые оконтуривают древнюю область мерзлоты, воссоздают условия ее возникновения, существования и разрушения.

Причины похолоданий, известные и предполагаемые, изложены в третьей главе книги. Здесь же обсуждается вопрос о природных условиях Земли в эпоху палеолита. Древние люди жили в обстановке суровых ландшафтов, близких к современной тундре.



Памяти Владимира Платоновича Цесевича

28 октября 1983 года скончался директор астрономической обсерватории Одесского государственного университета, заслуженный деятель науки УССР, почетный член ВАГО, член-корреспондент АН УССР, доктор физико-математических наук, профессор, член КПСС В. П. Цесевич. Ушел человек, беспрдельно преданный астрономии, счастливо сочетавший в одном лице качества крупного ученого, талантливов педагога и популяризатора науки, способного организатора и активного общественного деятеля.

Владимир Платонович родился в Киеве 11 октября 1907 года в семье известного артиста Платона Цесевича. В 1922 году еще пятнадцатилетним мальчиком начал он наблюдения переменных звезд и осенью того же года поступил в Петроградский университет. Затем аспирантура у Г. А. Тихова, преподавание в Ленинградском педагогическом институте и работа в астрономической обсерватории Ленинградского университета.

С 1934 по 1937 год Владимир Платонович — директор первой в Таджикистане астрономической обсерватории. В 1937 году он возвратился в Ленинград и стал профессором Ленинградского педагогического института и научным сотрудником Астрономического института (ныне Институт теоретической астрономии АН СССР).

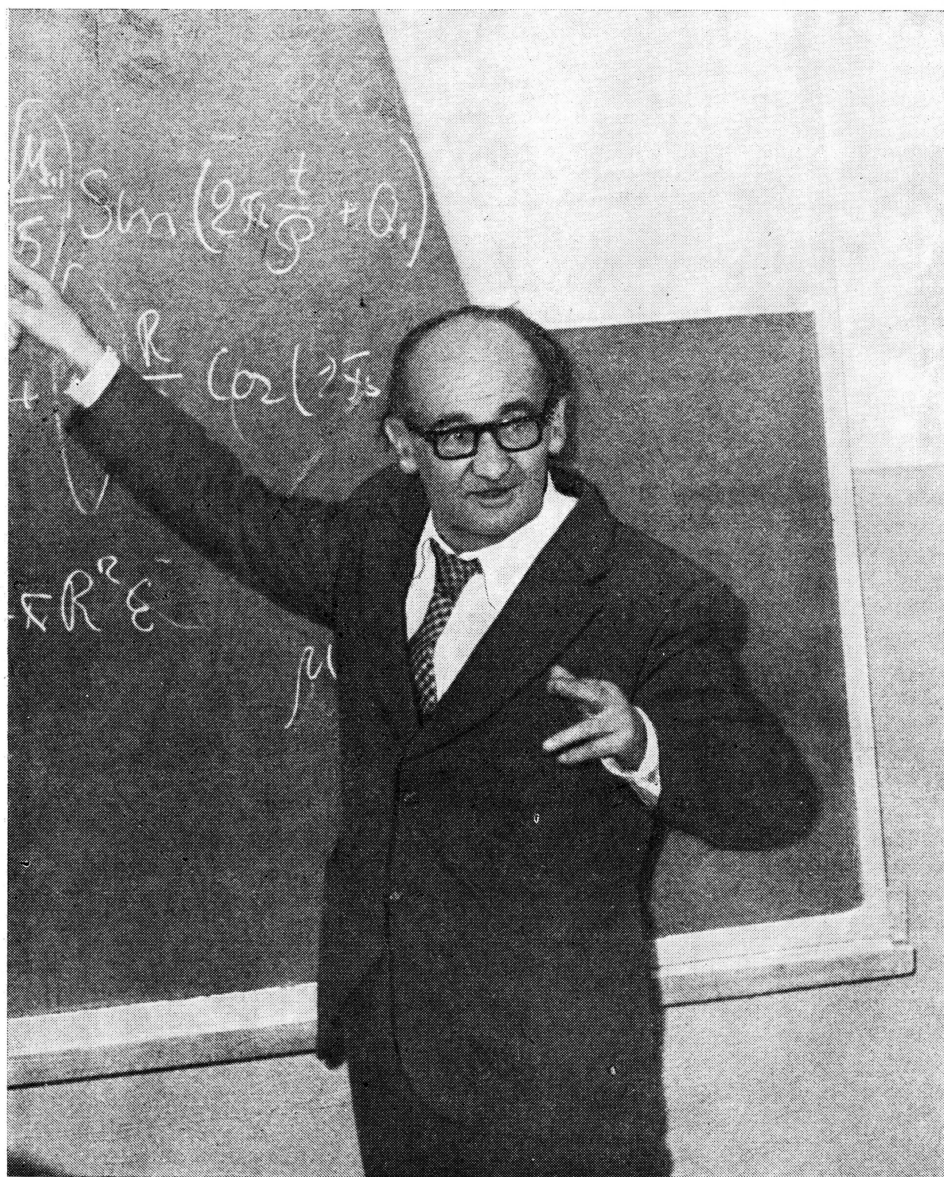
В Ленинграде Владимир Платонович пережил страшную блокадную зиму 1941/42 года, тяжело заболел и был эвакуирован в Душанбе. Здесь он заведовал кафедрой математики и исполнял обязанности заместителя директора Одесского технологического института холодильной промышленности, эвакуированного в Душанбе. В конце 1944 года В. П. Цесевич переехал в Одессу, где вскоре возглавил университетскую астрономическую обсерваторию. Почти сорок лет Владимир Платонович руководил астрономическими исследованиями в университете, занимался подготовкой молодых специалистов.

Заинтересовавшись переменными звездами еще в 20-е годы, Владимир Платонович сохранил интерес к ним на всю жизнь. Его вклад в эту область астрономии весьма значителен. Владимир Платонович занимался изучением переменных звезд многих типов, но главными объектами его исследований были затменные переменные звезды, цефеиды, звезды типа *RR* Лиры, *RV* Тельца, *RW* Возничего. Более полувека он наблюдал переменные звезды. За это время он произвел оценки блеска, уточнил периоды и их изменения для многих сотен переменных звезд. В 1939—1940 годах Владимир Платонович опубликовал таблицы для определения элементов орбит затменных звезд типа Алголя. Эта фундаментальная работа явилась крупным вкладом советской науки в теорию затменных двойных звезд.

В середине 40-х годов разработка классических методов определения орбит затменных переменных звезд в основном была завершена. Накопилось огромное количество материала, который нуждался в систематизации и критическом обзоре. Эту важную, но трудоемкую работу проделали В. П. Цесевич и Д. Я. Мартынов. Она составила бо́льшую часть третьего тома коллективной монографии «Переменные звезды» (1947).

Много внимания уделял Владимир Платонович изучению звезд типа *RR* Лиры. Он опубликовал более двух сотен статей, заметок и несколько монографий об этих звездах. Благодаря его работам мы теперь лучше понимаем природу звезд типа *RR* Лиры.

Невозможно отделить научную деятельность Владимира Платоновича от организаторской. Небольшое астрономическое учреждение, каким была Одесская обсерватория до войны, превратилось под руководством В. П. Цесевича в крупную университетскую обсерваторию с весьма обширной тематикой исследований. Здесь успешно изучаются переменные звезды, ведутся спектрофотометрические работы, исследования по метеорной аст-



Владимир Платонович Цесевич
(1907—1983) во время чтения лекции

рономии, меридианные измерения, фотометрия ИСЗ, создаются новые оптические и радиотелескопы, спектрофотометры и аппаратура для обработки наблюдений. По инициативе В. П. Цесевича при обсерватории организованы две загородные наблюдательные станции — в селах Маяки и Крыжановка. Воодушевленные энтузиазмом своего руководителя, все

сотрудники обсерватории приняли участие в строительстве этих станций.

В 1948 году В. П. Цесевич был избран членом-корреспондентом АН УССР и назначен директором строившейся тогда Главной астрономической обсерватории АН УССР в Голосеево. Со свойственной ему энергией Владимир Платонович в течение почти четырех лет руководил созданием этого важного научного центра Украины, одновременно выполняя обязанности директора Одесской обсерватории. В 1951 году, когда совмещать работу в двух

астрономических учреждениях стало трудно, Владимир Платонович вернулся в Одессу. В дальнейшем научные контакты университетской обсерватории в Одессе с академической обсерваторией в Голосеево становились все более тесными и были официально оформлены (по инициативе В. П. Цесевича) созданием в 1980 году Одесского астрономического научно-производственного академическо-университетского комплекса.

Всю жизнь Владимир Платонович совмещал плодотворную научную работу с активной педагогической деятельностью. Особое внимание он уделял подготовке научных работников высшей квалификации. Сейчас учеников Владимира Платоновича можно встретить чуть ли не во всех астрономических учреждениях Советского Союза, среди его учеников около сорока докторов и кандидатов наук.

Владимир Платонович оставил нам богатейшее научное и научно-популярное наследие: он — автор более чем двадцати монографий и 600 с лишним статей и заметок, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях. Его научно-популярные книги и лекции привлекли к занятиям астрономией многих молодых людей. Книга В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе», выйдя в свет 35 лет назад, выдержала пять изданий общим тиражом в несколько сотен тысяч экземпляров.

Сейчас готовится шестое издание этой книги. Владимир Платонович был одним из авторов «Земли и Вселенной». Несколько лет он возглавлял работу областного отделения Всесоюзного общества «Знание», был бессменным председателем Одесского отделения ВАГО.

Заслуги В. П. Цесевича в развитии науки и подготовке научных кадров отмечены орденами Ленина и Трудового Красного Знамени. Его имя увековечено в названии малой планеты № 2498.

Известный ученый, прекрасный педагог, блестящий популяризатор науки Владимир Платонович был простым, добрым, отзывчивым человеком. Многим людям он помог в тяжелую для них минуту. Жизнерадостный, остроумный, обаятельный, он заражал своим жизнелюбием и других. Владимир Платонович был чужд зазнайства, высокомерия, был одинаково доступен и своим коллегам, и начинающим юным любителям астрономии.

Тяжело, очень тяжело говорить о человеке, под руководством которого мы проработали почти всю свою сознательную жизнь, с кем делили и радости и горести, тяжело говорить, что он был... Нет, он не был, а он есть и дальше будет с нами — его друзьями, товарищами, учениками.

Группа товарищей

Новые книги

Каким был Юра Гагарин

«Кажется мне — все уже известно о Юре...» — этими словами начинаются воспоминания Анны Тимофеевны Гагариной, но каждая страница книги «Слово о сыне» (М.: Молодая гвардия, 1983) обогащает читателя знанием каких-то новых черт и штрихов личности первого космонавта планеты Земля.

В своей книге А. Т. Гагарина рассказывает не только о Юре. Она знакомит нас с семьей, в которой выросла сама и в 1922 году в неполных девятнадцать лет осталась сиротой «с двумя младшими на руках». А через год она

стала Гагариной, выйдя замуж за Алексея Ивановича Гагарина, выросшего восьмым ребенком в бедняцкой семье и всю жизнь посвятившего крестьянскому труду. Промчались десятилетия. Старшему сыну Гагариных — Валентину Алексеевичу уже около шестидесяти, достигла пенсионного возраста дочь Зоя Алексеевна, в нынешнем году Юре исполнилось бы пятьдесят, а спустя два года и Борису Алексеевичу было бы столько же...

Анна Тимофеевна — не учительница и не ученый. Говорит она об этом для того, чтобы подчеркнуть, что не собирается «прописывать каких-либо рецептов, как вырастить хороших детей». И добавляет: «Да и нет, наверное, таких точных предписаний». Но Юрий Алексеевич хорошо знал, чем он обязан своим ро-

дителям, своей матери. И выразил он это простыми и понятными каждому словами: «Спасибо тебе, мама, что ты приучила нас с детства трудиться! Приучила каждое дело делать на „отлично“. Это в жизни главное».

Воспоминания А. Т. Гагариной, записанные с ее слов Т. Копыловой, множество фотографий (в том числе и публикуемые впервые), а также впервые опубликованные письма Юрия Гагарина, несомненно, привлекут внимание самого широкого круга читателей.

Когда номер был уже сверстан, стало известно, что Анна Тимофеевна скончалась 12 июня 1984 года в возрасте 80 лет.

Член-корреспондент АН СССР

Ю. Д. БУЛАНЖЕ

Доктор технических наук

М. Т. ПРИЛЕПИН



Геодезия на XVIII Генеральной ассамблее Международного союза геодезии и геофизики

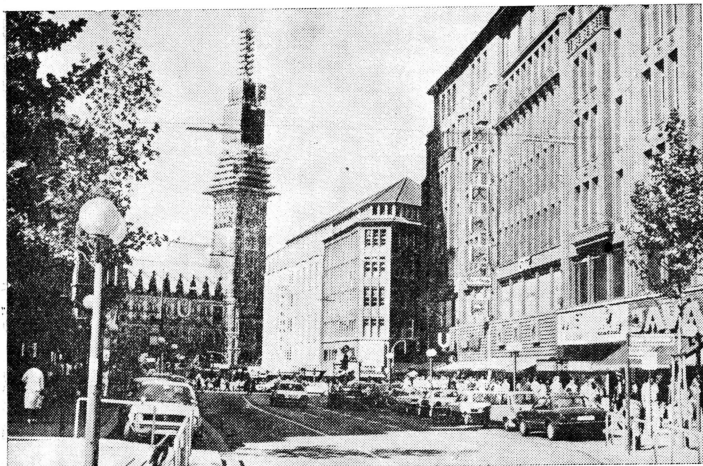
15—27 августа 1983 года в Гамбурге состоялась Генеральная ассамблея Международного союза геодезии и геофизики. Каждые четыре года собираются вместе все семь ассоциаций Союза — геодезии, сейсмологии и физики недр Земли, геомагнетизма и аэронавтики, метеорологии, физических наук об океане, гидрологии, вулканологии и химии недр, чтобы подвести итоги выполненной работы и согласовать программы будущих исследований. Характерная черта этой ассамблеи, отмеченная многими ее участниками, — существенное расширение взаимодействия всех семи ассоциаций. Это наглядно проявилось в Международной ассоциации геодезии (МАГ), в работе которой приняли участие около 400 специалистов из 47 стран мира. МАГ была ответственной за проведение трех междисциплинарных симпозиумов, где обсуждались геофизические задачи, в решении которых определяющее значение имеют количественные геодезические данные.

Кроме проведения междисциплинарных и дисциплинарных симпозиумов, ассоциация обычно представляет на Генеральной ассамблее своеобразные отчеты в виде докладов по всем формам своей деятельности за прошедшие четыре года: отчеты пяти секций, восьми комиссий, около тридцати исследовательских групп. И не удивительно, что общее число докладов, представленных ассоциацией геодезии, было больше четырехсот.



Конгресс-центр в Гамбурге, где проходили заседания XVIII Генеральной ассамблеи Международного союза геодезии и геофизики

При таком количестве докладов практически невозможно даже бегло охарактеризовать все направления развития геодезической науки и практики, рассмотренные на ассамблее. Мы подчеркнем лишь некоторые тенденции или науч-



Улица в Гамбурге

ные результаты, которые, как нам кажется, достойны особого внимания.

Французские специалисты рассказали о результатах использования светодальномер-рефрактометра «Терраметр» при создании опорной сети на ускорителе CERN в Швейцарии. Обычные светодальномеры измеряют только время распространения светового сигнала, а скорость этого сигнала вычисляется по измеряемым в двух крайних точках линии метеорологическим элементам: температуре, давлению и влажности воздуха. Поскольку измерения метеопараметров в двух точках недостаточно, то часто возникают серьезные ошибки в расстоянии. В светодальномере - рефрактометре, или, как его еще называют, двухволновом светодальномере, эта ошибка исключается за счет измерения времени сразу на двух длинах волн, распространяющихся в атмосфере с различной скоростью. Геодезическая сеть представляла собой систему из 6 пунктов, между которыми измерено 15 расстояний в диапазоне 4,8—13,6 км. Относительная погрешность измерений была менее $1,5 \cdot 10^{-7}$.

В некоторых странах созданы и функционируют дальнометры третьего поколения, стационарные и подвижные, обеспечивающие точность до несколь-

ких сантиметров. Набран большой наблюдательный материал, особенно относящийся к спутнику ЛАГЕОС (лазерный геодезический спутник), на котором установлены отражатели. Возросла точность измерений. Об этом говорит тот факт, что повторяемость координат двадцати восьми наземных станций, вычисленных по измерениям расстояния до ИСЗ, обеспечивается на дециметровом уровне.

Специалисты из США подчеркнули, что за последние годы существенно уменьшился объем полевых работ по опорным горизонтальным сетям. Сейчас ожидается введение в действие спутниковой системы глобального определения местоположения «Навстар» (СГОМ). Система имеет универсальное назначение и заменит в дальнейшем существующую доплеровскую систему «Транзит» и многие наземные радионавигационные системы. Носителями координат в системе «Навстар» будут 18 спутников на высоте 20 000 км с периодом обращения около 12 ч. Они будут запущены таким образом, что в любой момент времени можно принять сигналы от четырех спутников. Близки к завершению всесторонние операционные исследования этой системы по четырем ИСЗ на орбитах с наклоном 55° к земному экватору. Полностью система вступит в действие в 1987 году. Уже сейчас она может служить миро-

вой системой распространения времени (абсолютная ошибка 100 н/с, относительная 10 н/с).

Ученые из Европейского агентства по исследованию космического пространства доложили о разрабатываемой ими новой спутниковой системе ПОПСАТ. Система предназначена для абсолютного и относительного определения координат точек земной поверхности, измерений координат Полюса Земли и неравномерности ее вращения. Согласно проекту, система будет обеспечивать дециметровый уровень точности определения положения Полюса и абсолютных координат сети и двух-трехсантиметровый — при относительных определениях. Особенность этой спутниковой системы в том, что в ней будут использовать только один искусственный спутник на орбите высотой около 7000 км и систему наземных ретрансляционных станций.

Получил дальнейшее распространение доплеровский метод как для автономного определения координат новых пунктов, так и для создания сетей «нулевого порядка» с целью контроля ранее выполненных триангуляций (Земля и Вселенная, 1976, № 4, с. 58.—Ред.). Сейчас в распоряжении геодезистов около тысячи доплеровских геодезических приемников. Точность определения абсолютных координат доплеровскими геодезическими приемниками за 25—30 прохождений спутников над пунктами измерений составляет 1,0—1,5 м по каждой координате. При работе методом транслокации, когда наблюдения ведутся одновременно на двух (или более) точках, удаленных друг от друга не более чем на 1000 км, точность определения относительных координат возрастает примерно втрое.

Продолжались исследования и эксплуатация инерциальных систем геодезического назначения. Основная часть этих устройств — точные акселерометры и гироскопы. Инерциальные системы позволяют определять приращение координат движущегося устройства и элементов гравитационного поля Земли. Специалисты сейчас располагают более чем 30 си-

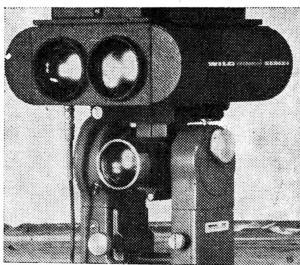
стемами трех различных типов. Лучшие образцы их обладают следующими характеристиками: при двухчасовой продолжительности работ и прямолинейных трассах ошибка в приращении горизонтальных координат ± 30 см, в превышении ± 20 см, в уклонении отвесных линий $\pm 1''$, аномалиях силы тяжести ± 2 мГал.

Геодезическая съемка США применила инерциальную систему на болотистом побережье штата Луизиана. Она использовалась для гидрографической съемки вместо классического метода. Работа заняла всего шесть дней, тогда как реализация проекта традиционным методом потребовала бы целого года. Инерциальные системы как экономически выгодное и эффективное средство использует Картографическая служба Министерства обороны США. Для работы используется наземный транспорт и вертолеты. В последние четыре года этим методом в США определены координаты 6 200 пунктов.

Большое внимание во многих странах уделяется нивелировкам, что связано с необходимостью упорядочить нивелирную сеть и развитием работ по изучению деформаций земной коры. Возрос объем работ, выполняемых моторизованным нивелированием, которое обеспечивает примерно 30%-ное повышение производительности труда.

Национальная геодезическая съемка США выполнила специальные исследования, связанные с оценкой влияния рефракции в нивелировании. Они показали, что введение поправок на рефракцию заметно улучшает результаты нивелирования. Финские и американские специалисты исследовали влияние магнитного поля Земли на результаты, используя нивелиры с компенсаторами: возникающая систематическая ошибка может достигать для одельных инструментов 0,05 мм на километр хода нивелирования.

Американские ученые продемонстрировали на ассамблее материалы, касающиеся инструментального изучения относительных перемещений плит земной литосферы. По результатам доплеровских измерений,



Светодальномер «Дистомат» фирмы «Вильд» (Швейцария), обеспечивающий измерение расстояний в 10—15 км с аппаратурной ошибкой в несколько миллиметров



Доплеровский геодезический приемник MX 1502 фирмы «Магнавокс» (США) для определения координат точек земной поверхности. Точность порядка 1—1,5 м по каждой координате обеспечивается при 25—30-кратном прохождении спутников над определяемой точкой

выполненных в две эпохи, разделенных интервалом примерно в 9 лет, получена скорость движения семи литосферных плит относительно Северо-Американской плиты (широтные и долготные компоненты). Максимальные скорости по долготе составили 12 см в год для Тихоокеанской плиты и 16 см в год по широте для Австралийской. Направление движения плит совпадает с геологическими данными, но величина скоростей в 2—3 раза превышает возможные значения, предсказываемые геологами.

Учитывая малую разрешающую способность доплеровских приемников для решения подобных задач, а также недостаточно надежное исключение влияния ионосферы и ошибки в определении орбит ИСЗ, выводы эти нужно считать предварительными. С большим доверием можно отнестись к данным об относительном смещении Тихоокеанской и Северо-Американской плит вдоль разлома Сан Андреас, которое измерено методом длиннобазисной радиоинтерферометрии (Земля и Вселенная, 1976, № 4, с. 58.—Ред.). Годовая скорость по линии протяженностью 900 км составила примерно 8 см с ошибкой около 3 см.

Английские специалисты сообщили, что создана группа «Вегенер», объединяющая ученых европейских стран с целью разработки программы совместного уравнивания (анализа) наземных и спутниковых данных для изучения деформации земной коры. Программы будут предварительно испытаны на стабильных участках.

Метод длиннобазисной радиоинтерферометрии с 1981 года используется Национальной геодезической съемкой США для регулярного, с недельным интервалом, определения координат Полюса, неравномерности вращения Земли и длины хорды, соединяющей радиостанции интерферометра. Пока работа ведется на двух станциях, расположенных в 3100 км друг от друга и позволяющих уверенно определять только одну координату полюса и неравномерности вращения Земли. За суточный цикл измерений ошибка в координате полюса составляет ± 10 см, в неравномерности вращения $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ с, а в длине хорды ± 2 см.

Много внимания Международная ассоциация «геодезия» уделяла вопросам гравиметрии. Интересный доклад о деятельности Международного гравиметрического бюро (МГБ) сделал его директор Ж. Бальмино (Франция). Сейчас в бюро хранится более 3 500 000 различного вида данных определения силы тяжести. Составлен аннотированный каталог всех имеющихся в библиотеке научных публикаций и гравиметрических карт. Эти каталоги введены в

память ЭВМ. Регулярно дважды в год издается «Бюллетень МГБ», который бесплатно рассылается во все страны, ведущие обмен данными с МГБ.

Американские гравиметристы сообщили о результатах работ с новым абсолютным гравиметром, созданным в Объединенной лаборатории астрофизики Национального бюро стандартов и Университета в Колорадо. Весной 1982 года этим прибором на территории Североамериканского континента определено 12 пунктов (на определение одного затрачивалось не более дня). Прибор перевозится на специально приспособленной автомашине, а его монтаж и демонтаж занимают не более одного часа. Точность определения силы тяжести этим прибором ± 6 — ± 10 мкГал, в перспективе ожидается повышение точности до уровня относительных определений ± 1 — ± 2 мкГал.

В связи с предполагаемым созданием глобальной гравиметрической сети, с помощью которой будут изучать изменчивость гравитационного поля Земли во времени, обсуждались различные вопросы. Здесь нужно учитывать весьма тонкие явления, влияющие на величину силы тяжести в данной точке, такие, как притяжение атмосферными массами и их перемещение (динамический эффект), вертикальные движения земной поверхности, перемещение глубинных и приповерхностных водных масс, косвенные эффекты, создаваемые морскими приливами и другими явлениями, связанными с перемещением водных масс морей и океанов.

Советские специалисты сообщили о новых результатах обработки повторных наблюдений, проведенных различными гравиметрами в Севре, Потсдаме, Москве, Новосибирске. Причем в Севре изменения силы тяжести в 60—70-х годах достигали 15—18 мкГал/год. В последующие годы эти изменения сильно уменьшились и с 1975 по 1982 год практически не наблюдались. Средняя скорость роста оказалась всего лишь $0,4 \pm 0,1$ мкГал/год.

Существенно расширились наши знания об общем гравитационном поле Земли благодаря большому массиву дан-

ных, полученных различными методами (Земля и Вселенная, 1983, № 6, с. 23.—Ред.).

Интересные материалы о неоднородности гравитационного поля дали семимесячные наблюдения системы из двух спутников, обращающихся по полярной орбите на высоте 160 км и расстоянии между ними около 300 км. Доплеровским методом скорость изменения расстояния между спутниками определяется на уровне 1 мк/с^{-1} . Эти данные позволяют определять разность высот геоида с ошибкой в несколько сантиметров и аномалии силы тяжести с ошибкой 1 мГал для площадки в 100 км^2 .

Наиболее впечатляющие данные получены по спутниковой альтиметрии, которая дает сейчас наибольший вклад в изучение гравитационного поля Земли. Специализированные спутники с радиоальтиметрами высокой разрешающей способности на борту доставили огромные массивы данных для геодезического и геофизического изучения Мирового океана. Альтиметры измеряют три параметра: высоту спутника над океаном, высоту волн и коэффициент рассеяния радиоволн океанической поверхностью. В настоящее время аппаратная ошибка радиоальтиметрических измерений со спутников не превышает 5 см при интервале осреднения 10 с.

Альтиметрические данные послужили основой для геофизического изучения океанических областей. Анализ 28 альтиметрических профилей, пересекающих разрывную зону Мендосино, совместно с определением возраста по магнитным данным позволил впервые определить временные изменения высот геоида в интервале 15—135 млн. лет и показать, что эти данные говорят о том, что толщина остывающей плиты составляет 125 км.

По данным альтиметрии хорошо выявляются циркуляционные вихри в океане, коррелирующие с рельефом дна, в частности, удалось проследить тонкую структуру циркуляции течения Гольфстрим.

Запись профиля длиной примерно 10 млн. км по суше, выполненная со спутника, показала большие возможности альтиметрического изучения та-

ких «гладких» территорий земного шара, как пустыни, области снеговых покровов, тундры, долины с погрешностью определения высот 0,5—1 м. Градиентные карты геоида, построенные по альтиметрическим данным, выявили ранее не обнаруживаемые детали морского дна, включая большие подводные вершины и несколько небольших разрывных зон.

Весьма ценные гравиметрические работы выполнила Геологическая съемка США, составив Мировой атлас гравитационных аномалий, для чего был использован банк данных (свыше 3,5 млн. отдельных значений), а также некоторые ранее изданные карты. Атлас включает 86 листов в масштабе $1:8\,000\,000$, по которым наглядно прослеживаются основные особенности гравитационного поля Земли.

В завершение работы ассамблеи Международная ассоциация геодезии решила ряд организационных вопросов: провела выборы в Исполнительный комитет, утвердила новую структуру секций, приняла резолюции, утвердила комиссии и исследовательские группы ассоциации. Секции получили следующие названия: определение местоположений; современные космические методы; определение гравитационного поля; общая теория и методология; геодинамика. Президентом ассоциации геодезии на период 1983—1987 годы избран профессор П. Ангус-Лепан (Австралия), первым вице-президентом — профессор И. Мюллер (США), а вторым — профессор М. Бурша (ЧССР). Следующая ассамблея состоится в канадском городе Ванкувере в 1987 году.



Кандидат физико-математических наук
В. М. ЛИПУНОВ

Симпозиум в Пампорово

С 18 по 22 июля 1983 года в местечке Пампорово (Болгария), известном горнолыжным курорте, состоялся симпозиум КОСПАР и МАС по теме «Успехи в астрофизике высоких энергий и космологии», на который прибыли более 100 делегатов из разных стран мира. Среди них были и такие известные ученые, как профессор Р. Джаакони и Г. Гурски (США), Р. Руффини (Италия), член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский (СССР), а также ученые среднего и младшего поколений, активно занимающиеся теоретическими и экспериментальными исследованиями. В течение пяти дней участники симпозиума заслушали более 80 докладов по следующим основным разделам: галактические рентгеновские источники, галактические источники гамма-лучей, проекты будущих и результаты новейших экспериментов, физические процессы в астрофизике высоких энергий, внегалактические рентгеновские источники, космология. Без преувеличения можно сказать, что

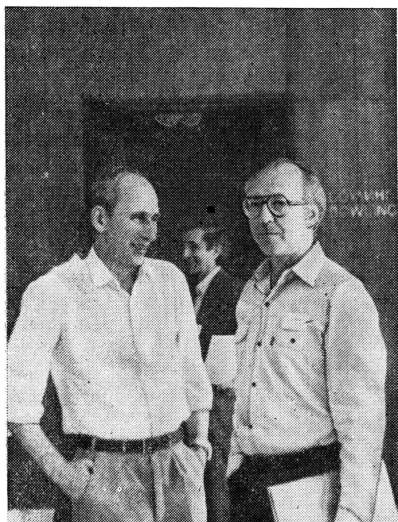
подавляющее большинство обсуждавшихся работ было выполнено на высоком профессиональном уровне. Расскажем о некоторых наиболее важных (с точки зрения автора) результатах, полученных к настоящему времени.

После теплого приветствия председателя местного организационного комитета профессора К. Серафимова (Болгария) председатель научного организационного комитета доктор Г. Биньями (Италия) открыл заседание. Первый докладчик американский ученый Н. Вайт сделал обзор основных результатов исследований рентгеновских двойных систем. Эти объекты состоят из нормальной звезды и компактной, которая может быть белым карликом, нейтронной звездой или даже черной дырой. Вещество от нормальной звезды перетекает на компактную, обладающую мощным гравитационным полем, из-за колоссальной гравитации разогревается на ее поверхности до 10—100 млн. К и излучает в рентгеновском диапазоне. Важнейшей пробле-

мой является идентификация рентгеновского источника с тем или иным типом компактных звезд. Довольно легко отличить белый карлик от нейтронной звезды, труднее последнюю (особенно, если у нее нет магнитного поля) не спутать с черной дырой. Фактически единственным показателем может служить оценка массы компактной звезды. Вот уже 10 лет известен единственный «кандидат» в черные дыры — источник Лебедь X-1. Понятен интерес, который вызвало сообщение Н. Вайта об открытии американскими астрономами второго «кандидата» в черные дыры — рентгенов-

В перерывах между заседаниями: слева — советские исследователи Е. П. Мазец и В. В. Железняков; справа (в центре снимка) — С. Хаянава (Япония) и Г. Гурски (США)

Фото автора



ского источника в Большом Магеллановом Облаке (Земля и Вселенная, 1984, № 3, с. 33.—Ред.). Нижний предел массы источника равен шести солнечных.

О новых результатах исследований рентгеновских источников в шаровых скоплениях и в центре Галактики с помощью космической обсерватории «Эйнштейн» рассказал доктор Дж. Гриндлей (США). Наиболее интересным здесь оказалось определение массы этих источников. Был применен совершенно новый метод «взвешивания звезд». Напомним, что обычно определение массы звезды возможно, если она входит в состав двойной системы. Изучая движение компонент по орбите, определяют их массы — именно таким образом была установлена масса источника в Большом Магеллановом Облаке. В случае источников в шаровых скоплениях, содержащих сотни тысяч звезд, очень трудно надежно установить спутник рентгеновского источника. Однако «взвесить» звезду все равно можно. Дело в том, что положение объекта в шаровом скоплении определяется его массой — чем он «тяжелее», тем ближе «оседает» к центру шарового скопления. Зная среднюю массу звезд скопления и точно определив положение рентгеновского источника в нем, определяют его массу. Требуемая точность была достигнута на рентгеновской обсерватории «Эйнштейн», и оказалось, что массы источников лежат в пределах от 0,9 до 2 солнечных масс. Этот факт позволил отбросить модель массивной черной дыры для рентгеновских источников в шаровых скоплениях, да и модель «нормальной» черной дыры оказалась маловероятной.

Доктор физико-математических наук Е. П. Мазец (СССР) рассказал о наблюдениях космических гамма-всплесков в советском космическом эксперименте «Конус». В этом эксперименте получен обширный и детальный наблюдательный материал об объектах, природа которых является полной загадкой для астрофизиков. Гамма-всплески представляют собой кратковременные (от 0,1 до 10—100 с) вспышки жесткого

излучения с энергиями 100—1000 кэВ. Частично тайна была приоткрыта в этом эксперименте. Удалось показать, что источники гамма-всплесков — нейтронные звезды. Приятно отметить, что в этой области благодаря работам Е. П. Мазца и его коллег из Физикотехнического института АН СССР наша страна вышла на ведущие позиции в мире.

По-видимому, самой экономичной в гамма-астрономии является методика наблюдений гамма-источников с поверхности Земли. Она основана на том, что гамма-квант сверхвысокой энергии, влетая в атмосферу Земли, рождает ливень, который, в свою очередь, вызывает черенковское излучение. Его-то и наблюдают с поверхности Земли. Такие наблюдения проводятся в СССР в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР под руководством доктора физико-математических наук А. А. Степаняна. Он рассказал об открытии периодической переменности у одного из источников жесткого гамма-излучения.

В 80-е и 90-е годы мы станем свидетелями интереснейших космических экспериментов. Среди них — запуск космического телескопа, полеты к комете Галлея и астероидам и многое другое. О проектах этих экспериментов рассказали профессор Дж. Трюмпер (ФРГ), доктор физико-математических наук Р. А. Сюняев (СССР) и доктор К. Беннет (Франция).

Большое внимание привлекли сообщения о советском космическом эксперименте «Реликт» на спутнике «Прогноз-9» (см. статью И. А. Струкова в этом номере журнала) и о работе советской космической обсерватории «Астрон» — новом спутнике с богатейшей научной аппаратурой (Земля и Вселенная, 1984, № 2, с. 26.—Ред.).

Доктор Ю. Танака (Япония) сообщил о начавшемся замедлении вращения рентгеновского пульсара Геркулес X-1, обнаруженном аппаратурой японского спутника «Пегас». Между тем на протяжении десяти лет вращение этого пульсара ускорялось. Доктор Д. Андресен (Франция) привел данные, полученные с борта спутника «Экзосат», о том, что после

начавшегося замедления вращения пульсар Геркулес X-1 вообще перестал посылать к Земле рентгеновское излучение. (Это же явление было отмечено и рентгеновским телескопом спутника «Астрон».) По-видимому, наступил период перестройки режима работы пульсара, и сейчас крайне важно наблюдать за его оптическим компаньоном — звездой HZ Геркулеса.

Третий день симпозиума был полностью посвящен теоретическим вопросам астрофизики высоких энергий. В этой части наша делегация представила 8 докладов. Рассеяние квантов на электронах со сдвигом частоты (комpton-эффект) играет важнейшую роль в формировании спектра излучения большинства рентгеновских источников. Обзорный доклад об этом был прочитан доктором физико-математических наук Р. А. Сюняевым. Излучению плазмы в сильных магнитных полях были посвящены доклады доктора физико-математических наук Ю. Н. Гнедина, кандидата физико-математических наук Г. Г. Павлова (СССР). О термоядерных вспышках на поверхности нейтронных звезд и белых карликов рассказала кандидат физико-математических наук Э. В. Эргма (СССР). Об особенностях спектров гамма-всплесков шла речь в докладе кандидата физико-математических наук И. Г. Митрофанова (СССР). Доктор физико-математических наук В. В. Железняков, известный своими идеями о природе излучения радиопулсаров, рассказал о новых исследованиях процессов излучения вещества на поверхности нейтронных звезд. Автор статьи сделал доклад об эволюции и классификации нейтронных звезд.

Большое число экспериментальных докладов отразило начавшийся наблюдательный «бум» во внегалактической рентгеновской астрономии, на фоне которого героической выглядит попытка профессора М. Риса (Англия) создать «Теорию великого объединения активных ядер галактик». Все многообразие наблюдательных данных он постарался объяснить, используя лишь фундаментальные физические постоянные — скорость света, заряд

электрона, постоянную Планка и др.

Обзорный доклад о формировании линий в спектрах кварзов сделал один из ведущих специалистов в этой области, доктор физико-математических наук Д. А. Варшалович (СССР). Объяснение непрерывных спектров активных ядер в рамках модели черной дыры было предложено молодым советским астрофизиком П. Н. Коляхаловым.

Последний день симпозиума был отведен космологии. Эта область астрофизики наиболее чутко реагирует на новые физические идеи. Физики уже поняли, что проверку теории «великого объединения» (теории, которая будет с единых позиций объяснять различные виды взаимодействий — гравитационное, электромагнитное, ядерное, слабое) можно осуществлять только в такой обширной «лаборатории», как наблюдаемая Вселенная с ее бесконечным разнообразием физических условий и экстремальных состояний вещества. Отсюда — все возрастающее значение получает наблюдательная космология. Существенным вкладом в ее развитие должен стать запуск космического телескопа на орбиту Земли, о чем рассказал профессор Р. Джиакони (США). Диаметр зеркала телескопа 2,4 м; телескоп позволит наблюдать звезды до 28—29^m. Среди многих других результатов, которые предполагают получить на космическом телескопе, авторы проекта надеются уточнить шкалу расстояний в Галактике.

На симпозиуме господствовал дух сотрудничества и взаимопонимания. Общим было стремление ученых из разных стран объединить свои усилия для постановки дорогостоящих космических экспериментов. Особенно хочется отметить гостеприимство и радушие болгарских коллег, которые обеспечили плодотворную работу симпозиума.

Кандидат физико-математических наук
А. С. РАСТОРГУЕВ

Проблемы изучения звездных скоплений и ассоциаций

По инициативе проблемной комиссии многостороннего сотрудничества академий наук социалистических стран «Физика и эволюция звезд» с 27 сентября по 1 октября 1983 года в Праге был проведен симпозиум «Звездные скопления и ассоциации и их место в эволюции Галактики». Эта комиссия создана несколько лет назад для координации важнейших исследований, ведущихся в НРБ, ВНР, ПНР, СРР, ЧССР и СССР по широкому спектру проблем происхождения и эволюции звезд, физики звездных атмосфер, нестационарных стадий звездной эволюции, комплексного изучения звездных скоплений и ассоциаций. В комиссию входят более 100 советских астрономов из 19 обсерваторий и академических научных учреждений. В работе симпозиума приняли участие около 60 астрономов. Советская делегация была самой представительной и насчитывала 30 человек. На симпозиум были приглашены также астрономы Швеции, ФРГ и Швейцарии.

Изучая звездные скопления и ассоциации, астрономы выяснили, как живут отдельные звезды: ведь скопления и ассоциации — это естественная «колыбель», в которой они рождаются, живут и умирают. Все звезды имеют примерно один и тот же возраст и различаются в основном массой. Но судьба самих скоплений неразрывно связана с Галактикой. Неудивительно поэтому, что в центре внимания симпозиума оказалось происхождение и эволюция звездного состава, строения и динамики звездных скоплений и ассоциаций, а также звездообразова-

ние в диске Галактики и природа ее спирального узора.

Важное значение имеют фотометрические, спектральные и кинематические характеристики звезд скоплений. Прежде всего по совокупности этих данных можно выделить звезды, входящие в скопления. Сравнив положение звезд на диаграмме «цвет — светимость» с их теоретическими эволюционными треками, можно получить представление о возрасте и химическом составе звезд и оценить расстояние до скопления (Земля и Вселенная, 1978, № 4, с. 16.—Ред.). Картина становится богаче, если известны собственные движения и лучевые скорости ряда звезд и строение скопления. Можно определить орбиты скоплений и рассчитать их динамическую эволюцию. Поскольку скопления, особенно шаровые, далеки от Солнца, для их наблюдения требуются крупнейшие телескопы. Современному состоянию проблем систематизации данных о звездных скоплениях и ассоциациях были посвящены доклады Я. Рупрехта (ЧССР), Г. Сечени-Наги (ВНР), Г. Линга (Швеция). Вследствие огромного роста объема информации астрономы все шире применяют ЭВМ. Большие надежды возлагаются на Страсбургский центр звездных данных (Франция) и его филиалы при Астрономическом совете АН СССР и Центральном институте астрономии АН ГДР.

Шаровые и рассеянные скопления издавна использовались как индикаторы расстояний в Галактике и за ее пределами. До сих пор нет точных оценок расстояния до галактического центра, так как он надежно



С докладами выступают (слева направо): Н. М. Спасова (НРБ), Г. Тенорио-Тагл (ФРГ) и Э. Желванова (ГДР)

Фото В. Г. Сурдина

скрыт от нас облаками темной материи. На помощь приходят шаровые скопления, концентрирующиеся к центру Галактики. Предположив, что распределение свойств шаровых скоплений обладает симметрией относительно оси вращения Галактики, В. Г. Сурдин получил оценку расстояния до галактического центра близкую к 10 кпк. К. А. Бархатова и О. П. Пыльская, однако, обратили внимание на то, что размеры рассеянных скоплений увеличиваются с расстоянием от Солнца. Но Солнце — рядовая звезда Галактики, поэтому увеличение размеров скоплений наводит на мысль, что шкалу галактических расстояний придется «сжать». К тому же выводу пришел и Б. Балаж (ВНР), изучавший положение в Галактике и диаметры рассеянных скоплений разного возраста. Его оценка расстояния от Солнца до центра Галактики не превышает 7 кпк.

Особый интерес для исследователей представляют центральные области шаровых скоплений, где очень велика звездная плотность. Там могут быть такие экзотические объекты, как массивные черные дыры, нейтронные звезды и тесные пары, которыми, в част-

ности, теоретики пытаются объяснить рентгеновское излучение отдельных скоплений. Но они могут и заметно влиять на эволюцию скоплений. Интересными с этой точки зрения были доклады З. И. Кадла и А. М. Геращенко (СССР), Н. М. Спасовой (НРБ), которые привели данные фотографической фотометрии звезд в ядрах некоторых шаровых скоплений. На снимках скоплений, полученных с 2-метровыми телескопами Онджеевской обсерватории (ЧССР), Шемахинской астрофизической обсерватории АН АзССР, Национальной обсерватории АН НРБ, отдельные яркие звезды видны вплоть до самого центра скоплений, что дает возможность судить о звездном населении их ядер. В частности, в ядрах некоторых шаровых скоплений, возможно, есть довольно много короткопериодических переменных звезд типа RR Лир, пока не обнаруженных исследователями. Для изучения структуры центральных областей ярких шаровых скоплений А. В. Миронов, Е. Н. Наумова и автор данной статьи использовали методику сканирования шаровых скоплений узкой длинной щелью. Благодаря применению ЭВМ, в оперативную память которой в реальном времени вводились данные наблюдений, удалось сократить время сканирования в 10—20 раз. Выявлены интересные детали строения ядер 11 шаровых скоплений, в частности, флуктуации звездной плотно-

сти, и получены надежные значения структурных параметров ядер, которые можно использовать в расчетах их эволюции.

Не менее интересным представляется изучение шаровых скоплений в других галактиках и сравнение их с шаровыми скоплениями нашей звездной системы. По фотографическим измерениям Н. М. Спасовой (НРБ), эллиптичность формы нескольких шаровых скоплений в туманности Андромеды оказалась примерно такой же, как и у скоплений Галактики. Напрашивается вывод об идентичности условий, господствующих в скоплениях, и внешних сил, формирующих шаровые скопления в обеих галактиках.

Пристальное внимание участников симпозиума привлекла динамическая эволюция скоплений. Рассеянные скопления движутся в плотном диске Галактики, где кроме них есть и другие объекты, например, газо-пылевые облака. Я. Рупрехт (ЧССР) считает, что взаимодействие рассеянных скоплений с этими облаками можно объяснить некоторые наблюдаемые особенности распределения звезд и искажения формы скоплений, в частности, сходство в распределении по галактической долготе «пекулярных» скоплений и облаков.

Динамическая эволюция шаровых скоплений определяется целым рядом факторов. Среди них — сближения отдельных звезд, приводящие к диссипации скопления и сжатию его ядра, приливные «удары» о

диск Галактики и, наконец, динамическое трение. Оно связано с гравитационной «фокусировкой» звезд Галактики, возникающей при движении массивного скопления в звездном поле. Вследствие фокусировки за скоплением плотность звезд немного выше, чем перед ним, и оно как бы тормозится окружающими звездами, постепенно теряя энергию и приближаясь к центру Галактики. В. Г. Сурдин, рассматривавший эволюцию скоплений, показал, что этими причинами хорошо объясняется распределение скоплений по массам и их современное положение в Галактике. Удалось оценить и полное число скоплений, некогда сформировавшихся в Галактике (около 2000). По мнению В. Г. Сурдина, распадом большинства скоплений можно объяснить происхождение многих звезд галактического гало — почти сферической подсистемы диаметром около 30 кпк, состоящей из «быстрых» звезд. Я. Стодулкевич (ПНР) учел «разогревание» шаровых скоплений тесными парами, образующимися в результате случайных тройных сближений звезд. Согласно его расчетам, уже через 2—3 млрд. лет в ядре скопления появляются пары, которые способны остановить его коллапс. В докладе В. Г. Сурдина и автора статьи, посвященном расчетам параметров орбит шаровых скоплений Галактики по их радиусам, было показано, что шаровые скопления движутся преимущественно по вытянутым орбитам. Это согласуется с гипотезой происхождения скоплений на ранних стадиях развития Галактики из вещества с малым угловым моментом вращения.

К «динамической» тематике тесно примыкали доклады астрономов из ЧССР В. Ванисека, Я. Бубеничека, Я. Палоуша, Р. Хадравы, в которых обсуждалась кинематика, образование и эволюция групп молодых звезд. Различия в распределении скоростей звезд разного возраста позволяют судить о динамическом состоянии Галактики. Оказывается, время релаксации скоростей в окрестности Солнца составляет примерно $2 \cdot 10^3$ лет, то есть Галактика, вероятно, находится в

квазистационарном состоянии.

Большой интерес участников симпозиума вызвали проблемы звездообразования и ранней эволюции скоплений и ассоциаций. Движения звезд и газа в областях звездообразования указывают на сложный характер происходящих там динамических процессов. Важную роль в этих процессах должно играть взаимодействие звезд с межзвездной средой, масса которых намного больше массы звездной компоненты. Т. А. Лозинская (СССР) по данным наблюдений построила эволюционную последовательность оболочек нейтрального водорода вокруг ОВ-ассоциаций, образующихся под действием звездного ветра и вспышек сверхновых. Г. Тенорио-Тагл (ФРГ) сообщил результаты расчетов газодинамической эволюции областей вокруг ОВ-ассоциаций. Он учел еще один механизм влияния звезд — давление ионизационного фронта. Наблюдаемые параметры оболочек хорошо согласуются с расчетами. Л. В. Мирзоян (СССР) подчеркнул в своем выступлении, что на ранних стадиях эволюции звездных ассоциаций наблюдается ряд нестационарных явлений. Эти идеи интенсивно разрабатываются в Бюраканской обсерватории.

Сейчас уже никто не сомневается в том, что огромную роль в эволюции гравитирующих систем играют коллективные процессы, состоящие в одновременном взаимодействии множества звезд, поэтому к звездным системам все чаще применяются методы физики плазмы. Такой подход позволяет исследовать устойчивость звездных систем к разным возмущениям. Например, в зависимости от физических условий в звездном газе флуктуации плотности могут расти или же «рассасываться». Рост флуктуаций приведет к крупномасштабному перераспределению масс, следовательно, такая система будет неустойчивой. С изучением устойчивости связан также и вопрос об орбитах звезд в скоплениях, о том, как первоначально радиальные орбиты превращаются в орбиты с большим угловым моментом. В. Л. Поляченко (СССР) предложил численный критерий уг-

ловой неустойчивости в сферических скоплениях с почти радиальными орбитами (возникает «раскачка» поперечных движений, и орбиты «закругляются»), а А. Г. Морозов (СССР) рассчитал развитие радиальных неустойчивостей в неоднородных дисках галактик и показал, что многие теоретические модели не удовлетворяют критерию устойчивости. Интересно, что с помощью этого критерия можно найти минимальную массу галактического гало, требующуюся для стабилизации вращающегося диска Галактики, превышающую массу диска в 1,2—1,8 раза.

В проблемах спиральной структуры галактик еще много неясного, например, неизвестен механизм генерации спиральных волн плотности. В докладе А. М. Фридмана, А. Г. Морозова, А. Е. Пискунова, В. Л. Поляченко (СССР) и Я. Палоуша (ЧССР) был дан анализ современного состояния проблем спиральной структуры. Построение «хорошей» теории осложняется еще и тем, что такие важнейшие параметры Галактики, как число ее спиральных ветвей, скорость вращения спирального узора и даже расстояние Солнца от галактического центра, оцениваются с невысокой точностью из-за скудости наблюдательных данных.

По окончании научной программы участники симпозиума совершили экскурсию на Ондражевскую обсерваторию, познакомились с достопримечательностями Праги. Советские участники побывали в г. Попрад-Татры, а также в известных курортах ЧССР — Марианске-Лазне и Карловы Вары. Все участники симпозиума выразили искреннюю благодарность хозяевам и организаторам за теплый прием и отличные условия работы.



Член-корреспондент АН СССР
В. С. ТРОИЦКИЙ

Поиск продолжается

С 10 по 15 октября 1983 года в Будапеште проходил 34-й конгресс Международной астронавтической федерации. И в рамках его — 12-й симпозиум Международной астронавтической академии по проблеме SETI. Специалисты шести стран — СССР, США, Венгрии, Польши, Чехословакии и Англии — прочитали в общей сложности 12 докладов. От Советского Союза выступал автор этих строк с докладом: «Закономерности развития внеземных цивилизаций и стратегия поиска», основное содержание которого нашим читателям уже известно (Земля и Вселенная, 1983, № 6, с. 48). Расскажем о некоторых других выступлениях, представляющих интерес.

М. Папагианнис (США) в обстоятельном докладе «Предел роста звездных цивилизаций — причина их естественного отбора» формулирует проблему так: у внеземной цивилизации, как и у всякой конечной системы, существует предел количественного роста. И только та, которая преодолевает стихийные тенденции непрерывного количественного накопления, заменив их интеллектуальными задачами, сумеет в итоге пережить кризис роста и, следовательно, пройти барьер естественного отбора. В качестве примера автор рассматривает нашу собственную цивилизацию. Менее чем за 100 лет технологическая фаза эволюции она оказалась перед лицом многих кризисных ситуаций. По мнению Папагианниса, все их можно свести к шести основным. Это, во-первых, перенесение земного шара. (Уже к 2000 году число людей должно достигнуть 6 млрд.)

Во-вторых, истощение ресурсов. (По оптимистическим оценкам, скажем, нефти и природного газа едва хватит на первую четверть XXI века.)

В-третьих, уменьшение производства продуктов питания,

что связано с неуклонным сокращением пахотных земель на планете.

В-четвертых, засорение и разрушение окружающей среды. (Серноокислотные и азотнокислые дожди, повсеместное накопление ртути, свинца, ДДТ, двуокиси углерода и т. д. Каждые три года леса сводятся на площади, равной Франции. В XXI столетии резко уменьшится запас свежей воды.)

В-пятых, предел производства энергии, обусловленный тем, что температура среды обитания должна оставаться в сложившихся на Земле границах.

И, наконец, опасность самоуничтожения. (Сейчас на Земле накоплено уже достаточно ядерного оружия, способного погубить не только цивилизацию, но и все живое на планете.)

Рассмотрев указанные кризисные ситуации, Папагианнис анализирует несколько сценариев будущего, ограничиваясь, правда, лишь фрагментарным разбором возможных вариантов.

М. Клейн и С. Гулкис (США) в докладе «Программа НАСА по поиску сигналов ВЦ: цели и методы» подробно изложили проект аппаратного комплекса для наблюдения сигналов. План перспективных работ предусматривает два пути: **направленный поиск** с использованием больших радиотелескопов высокой чувствительности, а также — **ненаправленный**. В первом случае будут исследоваться звезды солнечного типа в окрестностях 80 световых лет в диапазоне 1—3 ГГц с разрешением до 1 Гц и временем усреднения до 1000 с на каждой частоте. Ненаправленный поиск (по всей небесной сфере) должен вестись в диапазоне 1—10 ГГц с разрешением по каждому каналу 32 Гц и временем усреднения в несколько секунд. Для осу-

ществления программы строится многоканальный спектральный анализатор на 8 млн. каналов с одновременным разрешением от 74 кГц до 1 Гц. Поток информации от такого спектроанализатора достигнет 10 гигабайт (1 байт — 8 бит) в секунду. Все это увеличит многопараметрический объем поиска в 10 млн. раз по сравнению с достигнутым ныне. Работы рассчитаны на 5—7 лет. По мнению участников симпозиума, многоканальные приемные системы SETI способны привести к важным открытиям и в области астрофизики, уже теперь помогая определять характеристики полей и источники технических излучений.

Немало интересных сообщений содержалось и в других выступлениях, сделанных на симпозиуме. Так, например, становится все более очевидным, что энергетические сообщения требуют распространить поиск сигналов на миллиметровый диапазон волн — он позволит установить связь в пределах всей Галактики, используя имеющиеся антенны миллиметровых волн и умеренные мощности, которые на сегодня достигла земная техника. Скажем, для волны 2 мм, если сравнивать ее с традиционной волной 21 см, выигрыш по мощности составит примерно 10^4 раз! В наблюдениях запланировано применить крупные телескопы (диаметром 26, 64 и 300 м), а также большую систему апертурного синтеза (Земля и Вселенная, 1975, № 5, с. 56.—Ред.) — она состоит из 27 антенн диаметром 25 м, разнесенных на расстояние до 50 км.

Был также затронут вопрос, каким образом посылать сообщения, способные сохраняться миллионы лет. Дело в том, что число одновременно существующих цивилизаций, по некоторым предположениям, может

быть очень мало. Если даже они и есть в обозримой части Вселенной, то одновременное существование каждой двух цивилизаций может длиться менее 100 лет. В этом случае связь радиоволнами теряет смысл, поскольку расстояние между такими цивилизациями скорее всего превышает 100 световых лет. В качестве приемлемого альтернативного варианта анализировалась посылка информации в генетическом коде — направленная панспермия. Здесь особое значение приобретает тот факт, что генетический код сохраняет свою структуру, даже когда извне действуют самые неблагоприятные факторы.

Работы по проблеме SETI как в экспериментальном, так и в теоретическом отношении ведутся в основном в СССР, США и некоторых других странах. За последние годы получено немало новых результатов в области разработки стратегии, методов и аппаратуры поиска разумной жизни во Вселенной. Признанием актуальности этой проблемы является создание специальной комиссии № 51 в рамках Международного астрономического союза; заместителем председателя комиссии избран член-корреспондент АН СССР Н. С. Кардашев.



Всесоюзная школа-симпозиум по астрономии

С 2 по 9 сентября 1983 года на базе Тираспольского государственного педагогического института имени Т. Г. Шевченко проводила занятия Всесоюзная школа-симпозиум по теоретической и практической

астрономии. Собравшиеся ознакомились с новейшими достижениями в области астрономии, астрометрии, небесной механики и геодинамики, обменялись опытом научно-и учебно-методической работы. Организаторы школы стремились также повысить интерес к научно-исследовательской работе у студентов пединститутов, занимающихся по специальности «Физика и астрономия», и у школьников — членов астрономических кружков.

В работе школы-симпозиума участвовали более 120 человек — представители многих университетов, пединститутов и научных учреждений Москвы, Ленинграда, Киева, Свердловска, Томска, Новосибирска, Риги, Кишинева, Тирасполя и др. Среди участников были учителя астрономии средних школ Молдавии, студенты, сотрудники Кишиневской астрономической обсерватории, а также юные члены астрономических кружков.

Открыл работу школы-симпозиума директор Астрономического института имени П. К. Штернберга профессор Е. П. Аксенов. С большим вниманием был выслушан доклад заместителя директора Института теоретической астрономии АН СССР профессора Ю. В. Батракова, который рассказал, как определяется вращение атмосферы Земли по наблюдениям ИСЗ. Проблеме улучшения параметров орбит ИСЗ посвятили доклад профессор Е. П. Аксенов и Н. В. Емельянов (Москва). Проблемы аналитической и качественной небесной механики рассмотрели в своих выступлениях профессор Е. А. Гребеников, Ю. А. Рябов, М. Л. Лидов (Москва). О вычислении орбит небесных тел, изучении их орбитального и поступательно-вращательного движения аналитическими и численными методами рассказали кандидаты физико-математических наук Т. В. Бордовичина (Томск), С. Г. Журавлев (Москва), А. С. Социлина (Ленинград), Л. А. Лаупеникс (Рига), профессор К. В. Холшевников (Ленинград). Кандидат технических наук С. К. Татевян и О. М. Булыгина (Москва) остановились на проблемах спутнико-

вой геодезии и использовании наблюдений ИСЗ в рамках программы «Интеркосмос».

Особый интерес у участников вызвали заседания секции по методике преподавания астрономии в университетах, пединститутах и в средней школе. Профессор В. В. Подобед (Москва) отметил необходимость повышения интереса к астрономии и астрометрии и уровня преподавания астрономии в вузах и средних школах. Хотя подготовка специалистов-астрономов находится под контролем Совета по подготовке астрономических кадров при Академии наук СССР, тем не менее в этом деле имеются еще нерешенные проблемы. Многие трудности, как отмечали в своих выступлениях профессор Е. П. Аксенов и Е. А. Гребеников (Москва), доценты Е. Н. Поляхова (Ленинград), Л. Ф. Брагарь, М. Д. Полануэр (Тирасполь) и И. В. Швалагина (Львов), обусловлены тем, что имеющаяся программа по астрономии, учебные пособия не удовлетворяют современным требованиям. Очень мало в пединститутах оборудования для наблюдений, практически нет в школах наблюдательных площадок, телескопов, нет хороших учебников по астрономии.

В центре внимания были вопросы преподавания астрономии в средней школе и организации астрономических кружков. Во многих пединститутах при планетариях работают кружки, в которых занимаются школьники. Они с энтузиазмом строят телескопы, регулярно проводят наблюдения звездного неба, солнечных и лунных затмений и т. д. Участники школы-симпозиума смогли осмотреть выставку студенческих и научных работ в области астрономии, а также телескопы-самоделки, изготовленные Сергеем Гайваном и Вячеславом Сириком — членами кружка «Юного любителя астрономии и космонавтики», который более 20 лет работает при планетарии Тираспольского пединститута.

Кандидат физико-математических наук
Л. Ф. БРАГАРЬ
Кандидат физико-математических наук
С. Г. ЖУРАВЛЕВ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ
НАУЧНЫЕ
ПРОГРАММЫ

Международная кооперация в изучении средней атмосферы

Около 10 лет назад группа ученых, в которую входил автор данной статьи, обратилась в ряд международных научных организаций с предложением создать международный проект, получивший позднее название Программа средней атмосферы (Middle Atmosphere Program). В русской литературе прижилась аббревиатура МАП, составленная из первых букв английского названия.

Предложение поддержали многие международные организации: Ассоциация геомагнетизма и аэронавтики, а также метеорологии и физики атмосферы, Комитет по космическим исследованиям, Научный комитет по солнечно-земной физике и другие. В настоящее время программа МАП является ярким примером международной кооперации в области геофизики, продолжающий ряд таких известных проектов и программ, как Международный геофизический год, Год спокойного Солнца, Международные исследования магнитосферы.

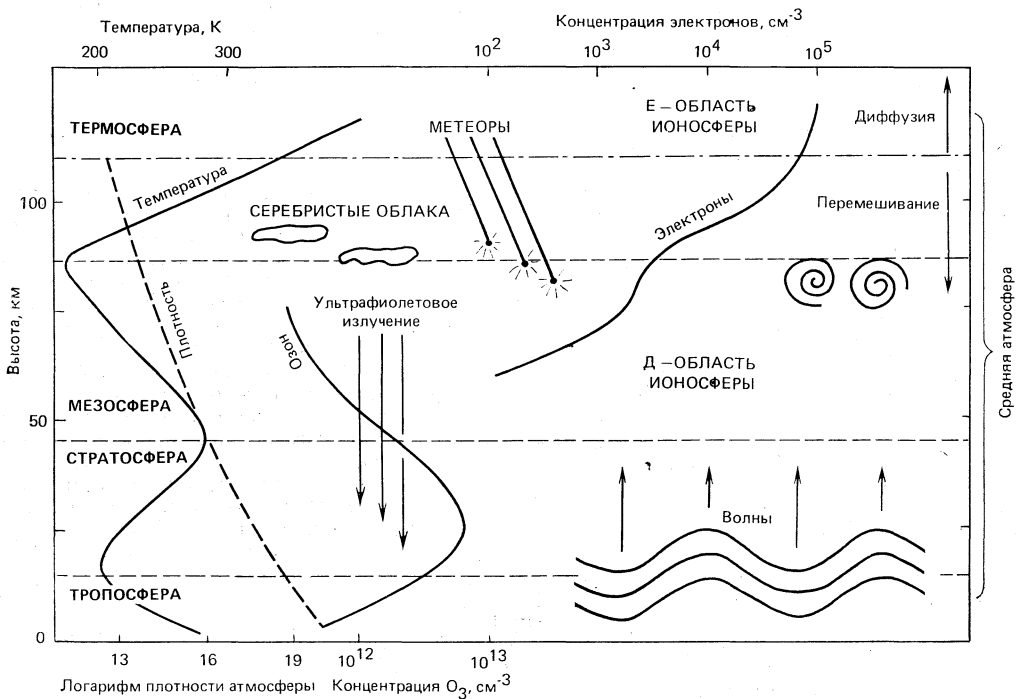
Каковы же цели и задачи

МАП? Прежде чем ответить на этот вопрос и поговорить подробнее о программе, необходимо рассказать о самой средней атмосфере и о проблемах, связанных с ее изучением.

ЭТА ЗАГАДОЧНАЯ СРЕДНЯЯ АТМОСФЕРА

Атмосферу изучают давно. Несколько лет назад в нашей стране отмечали 100-летие на-

«Карта» средней атмосферы



чала регулярных метеорологических наблюдений в Геофизической обсерватории Воейково под Ленинградом. За 100 лет метеорологи накопили огромный материал об изменении температуры, давления, ветра, осадков в нижнем слое атмосферы — тропосфере. Тропосфера простирается от поверхности Земли до высоты 12—15 км и ограничивается тропопаузой. Именно в тропосфере — источник тех явлений, которые интересуют нас в повседневной жизни, — дождей, снегопадов, засух, штормов, заморозков, то есть всего того, что в совокупности называется погодой.

Давайте перескочим теперь через 100 км и посмотрим, что происходит на более высоких уровнях земной атмосферы. Тридцать лет назад об этой части воздушной оболочки Земли знали очень мало. Кое-какую информацию удавалось получать по наблюдениям слабых эмиссий атмосферного газа, рождающихся в верхней атмосфере, по отражению радиоволн от ионизированных слоев *E* и *F* и по следам сгорания микрометеоров.

Запуск первого искусственного спутника Земли открыл новую эру в изучении верхней атмосферы и ближнего космоса. Геофизические ракеты, искусственные спутники начали поставлять огромное количество информации, и, можно сказать, почти каждое второе наблюдение приносило коренное изменение наших взглядов на структуру верхней атмосферы и протекающие там процессы. В геофизической литературе появились новые понятия: магнитосфера, пояс радиации, касп, провал, зимнее вздутие гелия. Словом, буквально за два десятилетия произошел гигантский скачок в наших пред-

ставлениях об атмосфере выше 100 км.

А как же область, которую мы «проскочили» в своем рассказе? Как продвигались в последние десятилетия исследования атмосферы на высоте от тропопauзы до 100 км? Оказывается, здесь до недавнего времени успехи были гораздо скромнее. Область эта, получившая название средней атмосферы, не попала в сферу «космического ажиотажа». До недавнего времени она не включалась и в различные виды международного сотрудничества по линии Всемирной Метеорологической Организации (ВМО). Средняя атмосфера как бы «отстала» в темпах исследования от своих «соседей» — верхней атмосферы и тропосферы.

И вставал вопрос: а нужно ли вообще изучать среднюю атмосферу? Может быть, исследование этой области представляет лишь чисто академический интерес и не влияет на решение практических проблем? Оказывается, это не так. Именно на высотах средней атмосферы, как это выяснилось в последнее десятилетие, нужно искать ключ к решению фундаментальных проблем, представляющих насущный интерес.

ОЗОННЫЙ ЭКРАН

В наши дни даже школьнику известно, что в земной атмосфере имеется озон. Расположенный в стратосфере на высоте 20—30 км слой молекул O_3 служит защитным экраном, поглощающим жесткое ультрафиолетовое излучение Солнца и тем самым предохраняющим все живое на Земле от его губительного действия.

Около 15 лет назад среди ученых возникло беспокойство — а так ли прочен этот

экран? (Земля и Вселенная, 1979, № 2, с. 30.—Ред.). Ведь люди непрерывно расширяют сферу своей деятельности, вторгаясь и в область стратосферы. В частности, не представляют ли угрозу этому слою участвовавшие полеты сверхзвуковых высотных самолетов? Они выбрасывают в атмосферу большое число окислов азота, которые могут приводить к уменьшению равновесных концентраций O_3 в стратосфере. В начале 70-х годов на Западе делались весьма пессимистические прогнозы: в 80-х годах слой озона «похудеет» на десятки процентов.

Для решения проблемы влияния выбросов из сверхзвуковых самолетов на слой озона необходимо знать, как распределены азотные окислы в стратосфере в обычных условиях. И тут выяснилось, что наши знания о распределении N , NO_2 , N_2O и других окислов азота, а также о процессах, которые контролируют их распределение, далеки от полноты. Без полных и всесторонних знаний этого вопроса невозможно надежно оценить тот ущерб слою озона, который могут нанести привнесенные в стратосферу окислы азота. Если к этому добавить, что поступление их в среднюю атмосферу обеспечивают не только полеты высотных самолетов, но и, например, использование азотистых удобрений или выхлопы автомобилей, то вопрос о распределении малых компонент в средней атмосфере и о цикле химических процессов, которые контролируют это распределение, становится очень важным.

Другая сторона той же проблемы озона — это вопрос о динамике средней атмосферы. Распределение озона наряду с фотохимическими процессами

контролируется атмосферной динамикой — циркуляцией, вертикальным переносом, турбулентностью. При различных локальных нарушениях слоя скорость восстановления концентрации O_3 до нормального состояния зависит, прежде всего, от интенсивности этих динамических процессов. Таким образом, решение проблемы возможного антропогенного влияния на слой озона зависит от полноты наших знаний о динамике и фотохимии средней атмосферы.

СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПОГОДА

Есть еще одна проблема, решение которой следует, видимо, искать на высоте средней атмосферы. Речь идет о влиянии солнечной активности на погоду и климат. Важность этой проблемы очевидна: с «фокусами» погоды мы сталкиваемся почти каждый год — то холодное лето, то мокрая теплая зима, то засуха и лесные пожары... Неизбежный ли это результат технологического развития человечества или влияние солнечной активности? В том, что солнечная активность влияет на погоду, уверены в наше время большинство специалистов. В качестве аргументов выступают многочисленные корреляции различных метеорологических явлений и параметров с индексами, характеризующими солнечную активность (Земля и Вселенная, 1980, № 1, с. 2.—Ред.). Такие корреляции подмечены многими исследователями, и все же проблема солнечно-погодных связей пока далека от решения. Дело в том, что основная часть солнечной энергии, приходящей к Земле, составляет примерно $2 \text{ кал/см}^2\cdot\text{мин}$ и практически неизменна во вре-

мени. Эта энергия сосредоточена в видимой и инфракрасной частях спектра и не проявляет каких-либо тенденций к изменению с «циклами» солнечной активности. Когда мы говорим о «циклах» (11-летнем, 27-дневном) мы имеем в виду бурную изменчивость коротковолновой части солнечного спектра — ультрафиолетового и рентгеновского излучения. Там изменения во времени носят драматический характер: поток рентгеновского излучения, например, во время сильной вспышки может возрасти в сотни тысяч и даже миллионы раз.

Однако связать эту сильную изменчивость коротковолнового излучения Солнца с изменениями погоды не так просто. Во-первых, коротковолновое излучение составляет лишь незначительную долю (сотые процента) от общего потока солнечной энергии, достигающей Земли. Но именно эта энергия идет на поддержание термического и динамического режимов тропосферы, то есть на создание циклонов, антициклонов, фронтов и прочих явлений, которые, собственно, и определяют погоду. Получается, что в энергетическом отношении коротковолновое излучение Солнца при всей его изменчивости не может повлиять на развитие погодных явлений из-за своей маломощности.

Вторая причина — пространственного характера. Погода интересует нас в тропосфере, в слое атмосферы, простирающемся вверх до 12—15 км. А ультрафиолетовое и рентгеновское излучения, а также другие «вестники» солнечной активности — корпускулы — проникают лишь в верхние слои атмосферы, в основном поглощаясь выше 80—100 км. Как же, спрашивается, они могут влиять на события, происходя-

щие в тропосфере сотней километров ниже?

Возможно, все дело здесь в «триггерном механизме», когда при относительно слабом воздействии выделяется большая энергия (нажатие на курок — выстрел из ружья). Предположено уже и несколько физических процессов (в основном связанных с волновыми движениями), которые могут реализовать указанный механизм. И, что особенно важно, все они так или иначе захватывают процессы в средней атмосфере. Последнее, впрочем, не так уж и удивительно. Ведь средняя атмосфера располагается как раз между верхней атмосферой, где поглощается изменчивая часть солнечного излучения, и тропосферой, где реализуется влияние этого излучения на погоду.

При детальном рассмотрении проблемы солнечно-погодных связей оказывается, что нужно очень подробно знать характеристики средней атмосферы — состав, температуру, ветры и, главное, условия распространения в ней различных волн (акустико-гравитационных, планетарных).

Проблему влияния Солнца на погоду можно рассматривать как часть общей проблемы — взаимосвязи атмосферных слоев: тропосферы, стратосферы, мезосферы, ионосферы. В этом случае речь идет о передаче воздействия сверху вниз, из верхней атмосферы в тропосферу.

КАК ТРОПОСФЕРА ВЛИЯЕТ НА ИОНОСФЕРУ

А существует ли обратное воздействие? Как влияют события в тропосфере и на поверхности Земли на поведение, скажем, ионосферы? Такой вопрос в наше время, когда все

более активно используется космическое пространство, вполне уместен. И на него уже есть положительные ответы. Известно, что крупные метеорологические образования (например, циклоны и антициклоны) влияют на область $F2$ ионосферы — отражающее «зеркало» для коротких радиоволн. Выяснилось, что «отклики» крупных строительных взрывов и землетрясений можно наблюдать в широком интервале высот верхней атмосферы — от областей D и E ионосферы (60—120 км) до магнитосферы (несколько тысяч километров).

Все эти факты в силу общей важности проблемы влияния «снизу вверх» требуют, конечно, физического объяснения. И очень быстро выясняется, что для построения физической картины передачи воздействия снизу вверх вновь необходима детальная информация о строении и физике средней атмосферы, которая находится на пути воздействующих агентов. Роль последних, по современным воззрениям, играют волны различных масштабов. Как распространяются такие волны в стратосфере и мезосфере? Какое влияние оказывает на них циркуляция в стратосфере? (Существует, например, мнение, что планетарные волны могут проникать через стратосферу в мезосферу, только если в стратосфере дуют западные ветры.) Где происходит распад этих волн и как он влияет на атмосферную турбулентность в районе турбопаузы (100—120 км)? Эти и еще многие вопросы такого рода действительно требуют изучения средней атмосферы и прежде всего — ее динамического режима.

Изучение ионосферы — «волшебного зеркала планеты» — тема, достаточно часто встре-

чающаяся в научно-популярной литературе. Уделял ей внимание и наш журнал. Проблема изучения нижней ионосферы и построения ее физического описания (физической модели) приобретает в последние годы особую важность. Ведь если раньше, когда из всех диапазонов радиоволн практиков интересовал прежде всего KB -диапазон и со специалистов по ионосфере спрашивали прежде всего данные о вышележащих ионосферных областях, то в последние годы с привлечением к радиосвязи, радиолокации, радионавигации других (прежде всего — $ДВ$ и $СДВ$) диапазонов появилась острая необходимость в знании характеристик и поведения области D (Земля и Вселенная, 1983, № 4, с. 21. — Ред.).

Попытка разобраться в поведении и физике этой области ионосферы привела к необходимости изучать все ту же среднюю атмосферу. Ибо выяснилось, что поведение области D контролируется не только и не столько обычными для ионосферы солнечными и геомагнитными факторами, но прежде всего метеорологическими характеристиками стратосферы и мезосферы — тепловым режимом, влажностью, циркуляцией, турбулентностью. Значит, именно их изучение особенно необходимо, как мы уже говорили, для решения очень важной в прикладном плане проблемы области D .

На примере описанной только что проблемы можно подчеркнуть еще одну специфическую особенность средней атмосферы. В ней пересекаются интересы специалистов различных научных направлений и даже разных наук. Действительно, областью D занимаются специалисты по физике ио-

носферы и распространению радиоволн, циркуляцией, температурой, влажностью — метеорологи. Средней атмосферой занимаются специалисты по озону, микрометеорам (микрометеоры сгорают на высотах 80—90 км и наблюдаются с помощью радаров), серебристым или мезосферным облакам...

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ ПРОГРАММА

Решение таких проблем, как судьба слоя озона или влияние Солнца на погоду, упирается в необходимость иметь детальную информацию о строении и физике средней атмосферы. А она-то, как мы уже говорили в начале статьи, отстала от своих соседей — тропосферы и верхней атмосферы.

Для ликвидации этого «отставания» и была организована международная программа МАП, с которой мы начали нашу статью.

Каковы же цели и задачи МАП? Цели — изучать строение и физику средней атмосферы для решения описанных выше крупных проблем. Что же касается задач, то они очевидны. Ведь явления в средней атмосфере носят глобальный характер. Значит, и изучать их надо глобально, усилиями ученых разных стран. Объединить эти усилия, координировать их во времени, в пространстве, в отношении изучаемых объектов — вот задачи международной кооперации в рамках МАП.

Хотелось бы подчеркнуть еще один вид кооперации, характерный именно для МАП. Речь идет об объединении интересов и усилий специалистов, ранее традиционно разобщенных, например, астрофизиков, метеорологов, специалистов по

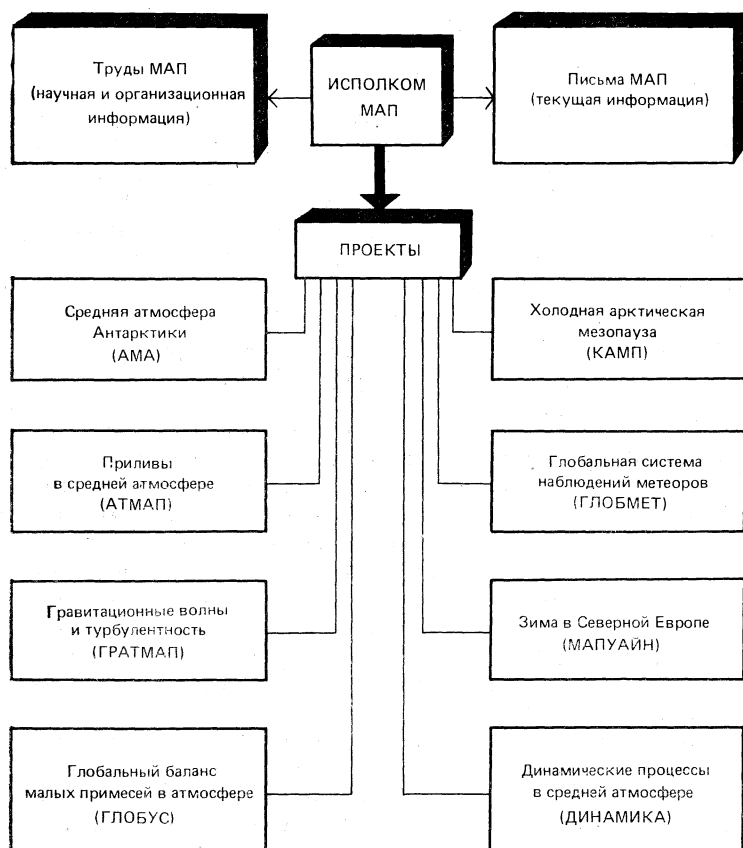


Схема проведения работ по Программе средней атмосферы

озону. Ведь, как мы уже говорили, именно в средней атмосфере их интересы тесно переплетаются. Надо сказать, добиться сближения специалистов разных профилей в общем удается. На первой Всесоюзной конференции по исследованию средней атмосферы (Алма-Ата, февраль 1983 года) рядом с докладами по серебристым облакам стояли доклады по метеорологии страто-мезосферы, в дискуссии по динамике средней атмосферы выступали как специалисты по распространению радиоволн,

так и астрофизики и метеорологи...

Налицо и первые результаты такой кооперации разных специалистов. В области *D* именно общими усилиями «чистых» ионосферщиков и метеорологов удалось создать концепцию «метеорологического контроля» этой области, показав, что она (а значит, и радиоволны, на которые она влияет) тесно связана в своем поведении с термобарическим режимом всей толщи атмосферы от тропосферы до мезосферы и нижней термосферы.

Как же осуществляется МАП? Усилия национальных комитетов МАП координирует Международный исполнительный комитет МАП. Основная форма работы — проекты, посвящен-

ные отдельным крупным проблемам изучения средней атмосферы. В настоящее время утверждены Международным комитетом МАП и находятся на различных этапах своей активности девять таких проектов. В каждом имеется руководящая группа из ведущих ученых, координирующая работу специалистов различных стран, составляющая планы комплексных наблюдательных программ и т. д. По результатам отдельных проектов и общим достижениям в области исследований средней атмосферы регулярно проводятся международные и региональные конференции и симпозиумы. В 1983 году состоялось четыре таких симпозиума, включая и упоминавшийся Всесоюзный симпозиум в Алма-Ате, в котором участвовали иностранные гости, в том числе председатель Международного комитета МАП профессор С. А. Боухилл (США). В 1984 году планируется провести две специальные международные конференции по МАП.

С самого начала подготовки и создания Программы МАП советские ученые принимают в ней активное участие. Решением Президиума АН СССР при Межведомственном геофизическом комитете создана национальная комиссия по МАП, куда входят представители АН СССР, Минвуза, Госкомгидромета. Комиссия объединяет и координирует работы более 40 институтов различных ведомств, принимающих участие в МАП. Советские специалисты участвуют в уже принятых проектах МАП (например, МАПУАЙН — зимняя изменчивость стратомезосферы в Северной Европе) и сами выступили с инициативой проведения крупного проекта Глобмет по координации наблюде-

ний динамики средней атмосферы методом радиолокации метеорных следов.

Программа МАП находится сейчас в своей кульминации. Еще рано подводить итоги, рано говорить об окончательных результатах. Но уже сейчас видно, что МАП оказалась

очень полезным и продуктивным примером международного и междисциплинарного сотрудничества, существенно продвигающего нас в понимании процессов в малоизученной области земной атмосферы, шутливо называвшейся игноросферой. И не случайно уже

идет предварительное обсуждение того, как продолжать исследования средней атмосферы после окончания МАП в рамках новой международной кооперации...

Ионосфера «предчувствует» землетрясение!

Известно, что землетрясения, воздушные, наземные и глубинные взрывы сильно влияют на заряженную оболочку Земли — ионосферу. Но, оказывается, не менее яркие явления в ионосфере происходят и тогда, когда сейсмический толчок еще не произошел, а только подготавливается. Замечены были рост электронной плотности в E и F слоях перед Аляскинским (1964 года), Ташкентским (1966 года), Таваксайским (1977 года) землетрясениями. Среди других явлений, сопровождающих подготовку землетрясений, известен фединг (замирание сигнала) на длинноволновых и средневолновых линиях радиосвязи, а также всплески электромагнитного излучения в широком диапазоне частот. Как все это может быть связано с землетрясениями?

Одна из причин, как считают сотрудники Института физики Земли АН СССР М. Б. Гохберг, Н. И. Гершензон, И. Л. Гуфельд, А. В. Кустов, В. А. Липеровский, С. С. Хусамиддинов, в том, что в земной коре области подготовки землетрясений в фазе разрушения возникают импульсные токи. Они возбуждают на частотах порядка нескольких сотен герц собственные колебания части контура Земля — ионосфера, ограниченного эпицентральной зоной. В этом случае на нижнюю ионосферу действуют как бы спорадические всплески квазиперемежного электрического поля — появление низкоча-

стотной турбулентности в системе Земля — ионосфера.

Авторы предлагают такой сценарий дальнейшего развития событий. Низкочастотная турбулентность возбуждает в ионосфере высокочастотную ионно-звуковую турбулентность, приводящую к интенсивному нагреву и дополнительной ионизации. Это ведет к образованию новых «этажей турбулентности» уже в верхней ионосфере.

Турбулентность различных типов и вызывает все те аномальные явления электромагнитной природы, которые наблюдаются перед землетрясениями.

Геомagnetизм и аэрономия. 1984, 2

Новые книги

О проблемах экологии

Редакция географической литературы издательства «Мысль» выпустила в 1983 году книгу «Окружающая среда». В ней рассматриваются перспективы состояния окружающей среды с точки зрения западных исследователей.

В первой главе книги («Глобальные прогнозы») изложены общие особенности прогнозирования и глобальные прогнозы. В отдельные главы выделены прогнозы изменения климата и загрязнения атмосферы, проблема углекислоты, прогнозы водопользования и изменений в мировом земельном фонде, а также прогнозы влияния военных действий на окружающую среду. Разоблачая корыстные цели и античеловеческие замыслы поджигателей ядерной войны,

авторы книги называют чудовищным лицемерием и заведомым обманом проповедь допустимости локальной ядерной войны, ибо, «как показывают даже самые приблизительные расчеты, применение не только ядерного, но даже современного оружия массового уничтожения может полностью разрушить среду обитания человека, а следовательно, поставить под сомнение возможность дальнейшего существования жизни на нашей планете».

Во второй части книги («Прогнозирование состояния окружающей среды в развитых капиталистических странах») рассказывается о прогнозировании состояния окружающей среды в США, ФРГ и Японии.

Проблемам и тенденциям экологического прогнозирования посвящен небольшой заключительный параграф книги. Здесь подчеркивается междисциплинарный характер экологического прогнозирования и раскрывается смысл одной из новых тенденций в прогнозах окружающей среды. Эту тенденцию называют «географизацией», которая охватывает все основные масштабные уровни — локальный, региональный и глобальный. Подчеркивается ограниченность западной футурологии, поскольку в ней проблема окружающей среды сводится к технико-экономическим и технологическим аспектам.

Авторы книги — сотрудники кафедры географии зарубежных стран географического факультета МГУ — адресуют свою коллективную монографию всем, кого интересуют будущее природной среды и меры по ее защите и сохранению.

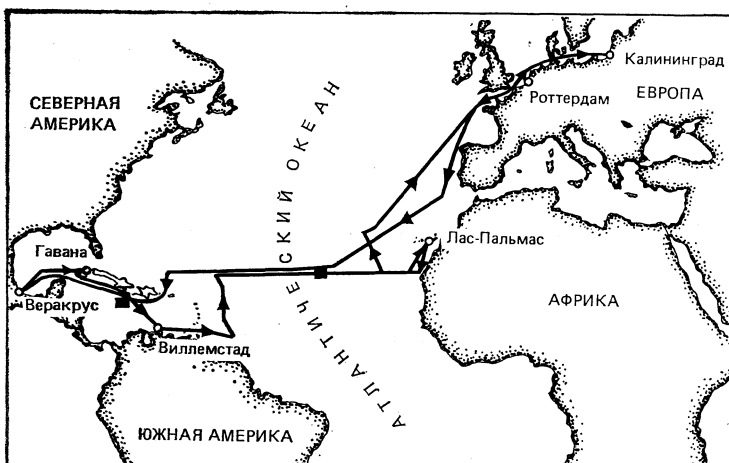


37-й рейс «Академика Курчатова»

ЗА КОСМИЧЕСКИМИ ЧАСТИЦАМИ В ГЛУБИНЫ ОКЕАНА

В 1960 году академик М. А. Марков выдвинул идею о регистрации в океане мюонов и нейтрино высоких энергий. Использование толщи воды вместо горных пород имеет определенные преимущества: в океане, особенно вдали от берегов в субтропических и тропических широтах, она весьма однородна по физико-химическим свойствам. Кроме того, океанская вода не только поглощает, но и создает излучение Вавилова — Черенкова, которое можно использовать для детектирования частиц. Несколько лет назад был объявлен международный проект ДЮМАНД, в рамках его и предполагается изучать мюоны и нейтрино высоких энергий (Земля и Вселенная, 1979, № 1, с. 13.—Ред.).

С 1981 года на научно-исследовательских судах Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР проводятся исследования с целью изучения энергетического спектра мюонов высокой энергии оптическим методом. В третьем рейсе судна «Профессор Штокман» в мае-июне 1981 года в Атлантическом океане прошел испытание глубоководный детектор мюонов (ГДМ), созданный в Физическом институте имени П. Н. Лебедева АН



Маршрут 37-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Курчатов». Темными квадратами показаны полигоны ДЮМАНД

СССР. На следующий год во впадине Орьенте в Карибском море удалось регистрировать мюоны до глубины 4000 м. В 37-м рейсе «Академика Курчатова» — флагмана нашего научно-исследовательского флота — перешли от экспериментальной регистрации с помощью ГДМ к работам на больших глубинах (до 5000 м). Две длительные регистрации удалось провести в той же впадине Орьенте (на горизонтах 2000 и 4000 м).

Это был первый полигон ДЮМАНД, где одновременно развернули изучение пассивного океанологического фона —

гидрологических и гидрохимических характеристик водной толщи, параметров активного фона. К последнему относятся радиоактивные изотопы калий-40 и радий-226, которые, испытывая бета-распад, возбуждают излучение Вавилова — Черенкова. К сожалению, не изучалось свечение глубоководных организмов, создающее заметные помехи при регистрации космических мюонов высоких энергий. В будущем это предполагает делать, используя глубоководный батифотометр, Институт биофизики СО АН СССР.

Оптические свойства вод впадины Орьенте исследовались в пробах, взятых с глубины 6000 м. Оказалось, что водная толща здесь практически однородна и весьма прозрачна. Правда, во впадине, как пока-

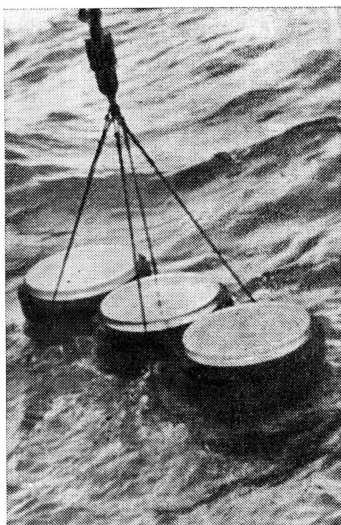
зал анализ состава и стратификации донных отложений, вероятны сползны осадков с материкового крутого склона впадины, что должно приводить к временным замутнениям глубинных вод Орьенте.

ТРАНСАТЛАНТИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ

Второй полигон ДЮМАНД выбрали в центре океана на основном трансатлантическом разрезе экспедиции, тянущемся по широте $22^{\circ}20'$ с. ш. от африканского шельфа примерно до 67° з. д. Здесь проводились геолого-геохимические работы, а также гидрофизические (оптика, гидрология) и биологические исследования, которые, помимо выполнения собственной программы, были нужны, чтобы выбрать место для полигона ДЮМАНД.

Положение разреза в зоне пассатных ветров и течений обеспечивало стабильные условия, позволяющие проводить работы по проекту ДЮМАНД вдали от основных путей тропических циклонов. Оптические свойства вод центральной Атлантики близки к тем, которыми обладают южнотропические воды Тихого океана и Саргасова моря. В этих областях Атлантического и Тихого океанов стандартный белый диск диаметром 30 см исчезает для глаза на глубине 60—70 м, тогда как, скажем, на Балтике он становится невидимым наблюдателю, погрузившись всего на 10—12 м.

Как известно, оптические свойства морской воды существенно зависят от содержания планктона. Центральная Атлантика относится к олиготрофным областям, бедным с точки зрения биологии. Биологи экспедиции определили, что здесь численность мезопланк-



Глубоководный детектор мюонов

тона составляет всего 0,04 экземпляра на кубический метр воды. Содержание минеральных частиц также изменяет оптические свойства морской воды. Частицы выносятся в океан водными и воздушными путями. Около берегов Африки прозрачность воды резко падает из-за обилия пыли, приходящей из пустыни Сахары. Пыль так насыщает воздух, что видимость становится, как в густом тумане. Не зря древние арабские мореходы называли прибрежный район вблизи Сахары «морем мрака». Вынос тончайшей пыли из Сахары фиксируется даже у берегов Америки, причем сахарский «источник» выбрасывает пыль порциями. Метеорологи экспедиции отмечали понижение прозрачности атмосферы далеко от африканских берегов, связанное с очередной порцией пыли, поступающей из величайшей пустыни планеты. Передвигаясь на запад, мы на какое-то время попали в «пыльный сахарский мешок», также

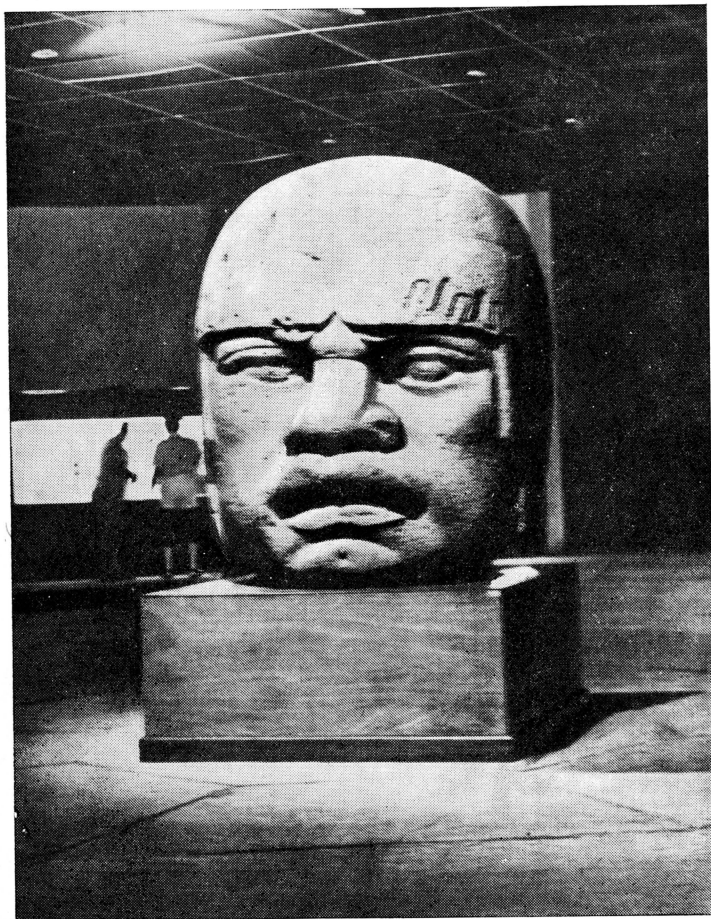
перемещающийся в западном направлении.

Работы на полигоне ДЮМАНД проводились на обратном пути по трансатлантическому разрезу, после посещения Мексики, Кубы, острова Кюрасао. Особенно памятным был заход в мексиканский порт Веракрус.

НА ДРЕВНЕЙ ЗЕМЛЕ МЕКСИКИ

Сегодняшняя Мексика испытывает не только нефтяной, но и археологический «бум». Все началось с того, что в одном из глухих уголков штата Веракрус обнаружили высеченную из глыбы черного базальта голову человека. Некоторые специалисты считали, что черты его лица говорят об африканском происхождении. Скульптуру из базальта называли «голова африканца». Возникли предположения, что создатели древней культуры в Новом Свете были выходцами с «черного» континента. Однако предположения эти не были обоснованы. Голова человека с якобы негроидными чертами и другие многочисленные предметы материальной культуры, найденные затем в болотах и джунглях штатов Веракрус и Табаско, принадлежали культуре ольмеков.

В преданиях и легендах ацтеков есть упоминания об этом народе. По-ацтекски, ольмек означает «житель страны каучука» (Ольман — Страна каучука). Как известно, именно в мексиканских штатах Веракрус и Табаско издавна добывается каучук. Пока точно не установлено, на каком языке говорили ольмеки и как себя называли. По мнению советского историка В. И. Гуляева, в отдаленные времена в Мексике и Центральной Америке жила большая



группа родственных племен, говоривших на различных диалектах языка древнего народа майя, и среди них, вероятно, были и ольмеки.

Познакомиться с предметами материальной культуры во многом еще загадочных ольмеков нам удалось в столице штата Веракрус, городе Халапа. Там, в Антропологическом музее, сосредоточены сокровища ольмекской цивилизации. В специально оборудованном помещении мы увидели знаменитую «голову африканца» и несколько гигантских каменных изваяний. По мнению специалистов, это скульптурные портреты реальных персонажей ольмекской истории, возможно, вожд-

«Голова африканца»

дей или военачальников. На каждом — головной убор, напоминающий шлем.

Мексиканские археологи воспроизвели в макетах ольмекские города. Города были благоустроенными: от искусственных водохранилищ к домам тянулись каменные желоба — своего рода водопроводные трубы, за городской чертой шли маисовые поля и огороды. Самыми плодородными были намывные земли вдоль реки Коацекоалькос и ее притоков.

Во время раскопок в руинах ольмекских городов археологи не раз находили статуэтки из голубовато-зеленого нефрита, изображающие необычное существо — вроде человека-ягуара. Стилизованную голову ягуара можно видеть и на рукоятках обсидиановых орудий. Базальтовые и нефритовые скульптуры и глиняные маски изображали не только богов, жрецов или вождей, но и обычных людей. Здесь нельзя не заметить высокое мастерство древних скульпторов, сумевших передать характеры персонажей, тонкие оттенки их настроений.

Ольмеки жили на юго-востоке современной Мексики, но их влияние распространялось и на соседние земли. Предполагают, что торговля у них играла такую же роль, как, скажем, у финикийцев. Ольмекские купцы, собирая сведения о соседних странах, тем самым подготавливали вторжение своей армии. В создании их могущественного государства, городов и сооружений, несомненно, участвовали и покоренные племена. Ольмекские жрецы, очевидно, были сведущи в астрономии, имели календарь.

Ольмекская цивилизация, как считают историки и археологи, стала складываться примерно три с половиной тысячи лет назад и достигла расцвета на рубеже новой эры. Однако в VI веке н. э. произошли какие-то события, приведшие к гибели ольмекской цивилизации. Мексиканский ученый К. Сениль, работавший в Халапском музее, сделал удивительное открытие. Он раскопал ольмекский город, где обнаружил множество обезглавленных базальтовых статуй. К. Сениль назвал его Син Кабесас («Безголовые»). Профессор Йель-



Обезглавленная
базальтовая статуя
из раскопок
ольмекского города
и ольмекские «атланты»



ского университета М. Ко высказал гипотезу: статуи богов и жрецов испортили намеренно. Их «казнили» восставшие в VI веке н. э. крестьяне, ремесленники, подвластные ольмекам племени. Они изгнали или уничтожили ольмекскую знать и расправились со статуями, олицетворявшими угнетателей. Затем восставшие ушли из городов, возможно, остались на поселении у дружественных племен. Но, конечно, это только гипотеза.

Новых находок много, но происхождение ольмекской цивилизации остается все же загадочным. Рождаются самые невероятные предположения. Среди них такое: ольмеки — потомки атлантов или даже инопланетян (намек на «космический шлем», изображенный на скульптуре).

ОКЕАН

СТАНОВИТСЯ ТЕПЛЕЕ?

Прежде чем провести работы на трансокеанском разрезе (теперь уже в восточном направлении), осуществили гидрофизическую съемку на полигоне с центром в координатах: $09^{\circ}50'$ с. ш. и $54^{\circ}22'$ з. д. Здесь была зафиксирована довольно редкая для открытого океана тонкая ступенчатая структура полей температуры и солёности.

На полигоне (его размеры 60×60 миль) в океане обнаружили линзы распресненной воды, связанные с выносом вод из Амазонки. Одна из линз «старая», другая «свежая», последняя как бы надвинулась на свою предшественницу. Солёность в «свежей» линзе на $3,5\%$ ниже, чем обычно бывает на этих широтах. Складывается та-

кое впечатление, что исследованный район между Гвианским течением и ветвью Межпассатного течения по своим гидродинамическим особенностям своеобразное «кладбище» распресненных линз. Попадая сюда, линзы уже заметно не сдвигаются, а медленно вращаются. Интересно, что линзы, не отличаясь по прозрачности от окружающих вод и, стало быть, не являясь дополнительным рассеивателем света, тем не менее нарушают условия жизнедеятельности планктона в водной толще.

Сопоставление значений температуры в водной толще трансокеанского разреза с данными предшествующих десятилетий показывает, что самый поверхностный слой океана стал теплее примерно на полградуса.

На разрезе экспедиция проводила геолого-геохимические работы. Изучались типы донных осадков и оценивался ход осадконакопления в северной тропической зоне Атлантики (от современных отложений до среднего плейстоцена). Непосредственно на борту судна проводился сложный геохимический анализ для определения поднятых пород. В центре океана в переходной области от Срединно-Атлантического хребта к глубоководной зоне экспедиция обнаружила залежи железомарганцевых конкреций, в том числе и редкой для Атлантического океана шаровидной формы.

На полигоне ДЮМАНД в юго-западной части Канарской впадины глубоководным детектором мюонов проводилась регистрация мюонов до глубины 5000 м. Изучение поглощения мюонов позволяет определить важную физическую величину — энергетический спектр космических мюонов на уровне

морья, который отражает как закономерности взаимодействия в области высоких энергий, так и характеристики первичного космического излучения. В результате удалось определить энергетический спектр мюонов и выявить характеристики первичного космического излучения. Знание энергетических спектров мюонов — необходимый этап для экспериментальных работ по физике нейтринно высоких энергий, что непосредственно связано с решением главных задач проекта ДЮМАНД. После работ на полигоне ДЮМАНД была завершена восточная часть трансокеанского разреза.

В тропических широтах у африканских берегов в самой шельфовой зоне и вблизи нее протянулась полоса биологически продуктивных вод, связанная с апвеллингом (Земля и Вселенная, 1971, № 1, с. 30. — Ред.). Акватория носит название Канарского апвеллинга, это одно из популярных мест рыболовного промысла в Атлантике. Естественно, что знание «механизма» действия апвеллинга и складывающиеся при этом различные ситуации имеют для промысла большое практическое значение.

В рейсе были проведены две достаточно детальные гидрофизические съемки части Канарского апвеллинга от 21° с. ш. до 22°30' с. ш., которые установили пространственно-временную изменчивость гидрофизических полей при двух различных ситуациях. Первая съемка проводилась в конце сентября в обычной обстановке, когда дул северо-восточный пассат и более холодные и соленые подповерхностные воды поднимались с глубины 140—180 м. Спустя десять дней съемка была повторена, но при этом господствовали ветры за-

падных и южных румбов, и апвеллинг значительно ослабел. Теперь мы уже находили на поверхности лишь отдельные пятна подымавшейся из глубин богатой минеральными солями холодной воды. Это сразу сказалось и на интенсивности промысла — рыбы стало меньше.

Ценность наших работ в Канарском апвеллинге не только в детальных гидрологических исследованиях, но и в том, что были получены на ходу судна и на станциях гидрооптические, гидрохимические и биологические данные, что, в частности, позволит в будущем разработать экспрессные оптические методы обнаружения и индикации биологических полей в зонах апвеллингов.

«СЧАСТЛИВЫЕ ОСТРОВА»

Между двумя съемками Канарского апвеллинга «Академик Курчатов» посетил столицу Канарского архипелага порт Лас-Пальмас. Сегодня Канары — главный центр европейского туризма. Мягкий климат, теплый океан, прекрасные пляжи привлекают сюда множество туристов.

Еще Гомер, Плутарх, Платон упоминали о «Счастливых островах», лежащих за Геракловыми столбами. Многие современные историки считают, что речь шла именно о Канарских островах. С коренными жителями Канар — гуанчами — европейцы встречались в XIV—XVI веках, и, по их описанию, гуанчи были голубоглазыми и светловолосыми великанами. Отсюда и предположение, что настоящая родина гуанчей — Северная Европа. Есть и другие версии, и даже фантастическая, будто гуанчи — это потомки атлантов, уцелевшие после гибели мифического острова...

Завоевание архипелага и его колонизацию осуществил в конце XIV века кастильский король Энрике III, а спустя два века побежденные, но не покоренные гуанчи полностью исчезли. В горах остались искусственные террасы с плодородной почвой, которую гуанчи привозили из долин в плетеных корзинах. Гуанчи разводили бананы, которые завезли сюда европейские мореплаватели с Малаккского полуострова. Сейчас канарские бананы — одна из статей местного экспорта.

И еще гуанчи оставили после себя в горах рукотворные борозды для сбора дождевой воды. Европейцы, заселившие равнинные предгорья, также прокопали в иссушенной солнцем земле каналы и канавы, ведущие к искусственным озерам. Это и неудивительно, ведь пресная вода на Канарах — главная драгоценность.

Сегодня Канарские острова живут не только туризмом. Еще во время парусного судоходства на двух самых крупных островах архипелага были заложены морские порты, в которых останавливались европейские суда перед плаванием в Новый Свет. В канарских гаванях много рыболовных судов. Некоторые заходят, чтобы получить свежие продукты и зелень, другие — на ремонт, третьи, особенно тунцеловы, вообще базируются в канарских портах...

После завершения всех океанских работ экспедиция провела детальную эхолотную съемку в северо-западной части Канарской котловины. Наличие отметки 6293 м глубины на всех картах Атлантического океана не вызывало никаких сомнений в реальности Монокской впадины. Однако тщательная съемка не обнаружи-

ла в месте, обозначенном на картах, глубин более 5530 м. Скорее всего глубина 6293 м, а с ней и контуры впадины появились в результате разовых ошибочных измерений.

Резюмируя наши исследования по программе 37-го рейса, можно сказать, что гидро-

физические данные, биологические, геологические и геохимические материалы углубят наши знания о природе Атлантического океана. Сделан также существенный вклад в развитие исследований по проекту ДЮМАНД.

Новые книги

Океан — арена промышленной деятельности

Перспективу своего развития человечество в значительной мере связывает с Мировым океаном, который располагает немалыми биологическими, минеральными и химическими ресурсами. Проблеме освоения и разработки этих ресурсов посвящена научно-популярная книга В. П. Гаврилова «Кладовая океана» (М.: Наука, 1983). Книга состоит из пяти небольших глав. В первой дается общая характеристика Мирового океана, рассказывается о строении его дна, происхождении и развитии. Особенное внимание автор здесь уделяет геотектоническим гипотезам.

Нефть и газ в океане — тема второй главы книги. Речь идет о разработке «черного золота» в различных нефтегазоносных провинциях Земли (одно из сенсационных открытий последних лет — крупная Североморская нефтегазоносная провинция, настоящий Клондайк на Северном море). Как ищут и добывают полезные ископаемые на дне океана? Как разрабатывают россыпные месторождения, выявляют запасы железомарганцевых и других конкреций? Как используют рудоносные осадки океана? На все эти вопросы автор отвечает в третьей главе.

Проблеме извлечения различных элементов из самой морской воды посвящена четвертая глава книги. Из последней, заключительной главы читатель узнает о загрязнении океана. Один из основных методов защиты океана — выжигание разлитой нефти на огромных акваториях, механические и химические методы ее сбора с поверхности моря. Немалую роль играет и биологическая защита океана.

Не забудьте вовремя оформить подписку на журнал «Земля и Вселенная» на 1985 год.

Подписка принимается без ограничений во всех пунктах «Союзпечати», в отделениях связи, почтамтах и у распространителей печати.

Подписная цена на год — 3 р. 90 коп.,

на полгода — 1 р. 95 коп.

Цена одного номера — 65 коп. Индекс 70336.



Как повысить увеличение зрительных труб и биноклей

Большинство зрительных труб и биноклей дают увеличения значительно меньше максимального полезного увеличения (его иногда называют разрешающим увеличением). Темной ночью человек с нормальным зрением может видеть раздельно объекты (например, двойные звезды 3—4^m), отстоящие друг от друга не менее чем на 3—5' (в среднем 4', или 240''). «Зоркость» глаза в дневное время, когда наблюдаются хорошо освещенные и высококонтрастные предметы, выше примерно в 3—4 раза. У хорошо отъюстированного инструмента с высококачественной оптикой, предназначенного для наблюдений астрономических объектов, практическая разрешающая способность

$\gamma_{\text{практ.}}$ близка к ее теоретическому значению $\gamma_{\text{теор.}} = \frac{140''}{D}$,

где $\gamma_{\text{теор.}}$ — разрешающая способность в секундах дуги, D — диаметр объектива в миллиметрах. Чтобы согласовать «остроту зрения» глаза $\gamma_{\text{гл.}}$ и оптического инструмента $\gamma_{\text{практ.}}$, последний должен иметь увеличение: $\Gamma = \frac{\gamma_{\text{гл.}}}{\gamma_{\text{практ.}}}$ раз.

Это и есть максимальное полезное увеличение. Большее увеличение инструмента не позволит выявить новые мелкие детали наблюдаемого объекта.

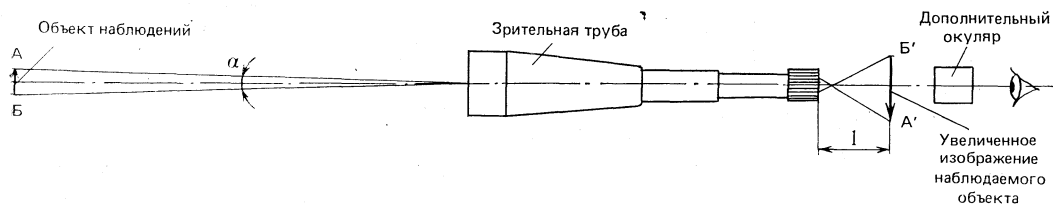
У любителей астрономии пользуется популярностью зрительная труба «Турист-3» (диаметр объектива 50 мм, увеличение 20 раз, практическая разрешающая способность около 3,5''). Ее максимальное полезное увеличение составляет $240''/3,5'' \approx 70\times$. Можно ли повысить увеличение зрительной трубы? Таким вопросом нередко задаются многие любители астрономии, имеющие зрительные трубы и полевые бинокли. Ведь для успешных наблюде-

ний Луны, Солнца, больших планет, близких двойных звезд необходимы увеличения хотя бы в 40—70 раз.

Прежде чем ответить на поставленный вопрос, напомним, что увеличение зрительной трубы или бинокля численно равно отношению фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра. Следовательно, чтобы повысить увеличение инструмента, надо либо поменять окуляр на более сильный (короткофокусный), либо использовать объектив с большим фокусным расстоянием. Однако достать необходимую оптику непросто. Поэтому рекомендуем любителям астрономии другой способ повышения увеличения зрительных труб (и биноклей), не требующий разборки инструмента.

Поместим за окуляром трубы на ее главной оптической оси дополнительный окуляр, в который будем рассматривать увеличенное изображение наблюдаемого объекта, построенное зрительной трубой. Оптическая система зритель-

Повысить увеличение зрительной трубы можно, если на ее главной оптической оси поместить дополнительный окуляр. Зрительная труба строит увеличенное изображение наблюдаемого объекта, которое рассматривается в дополнительный окуляр



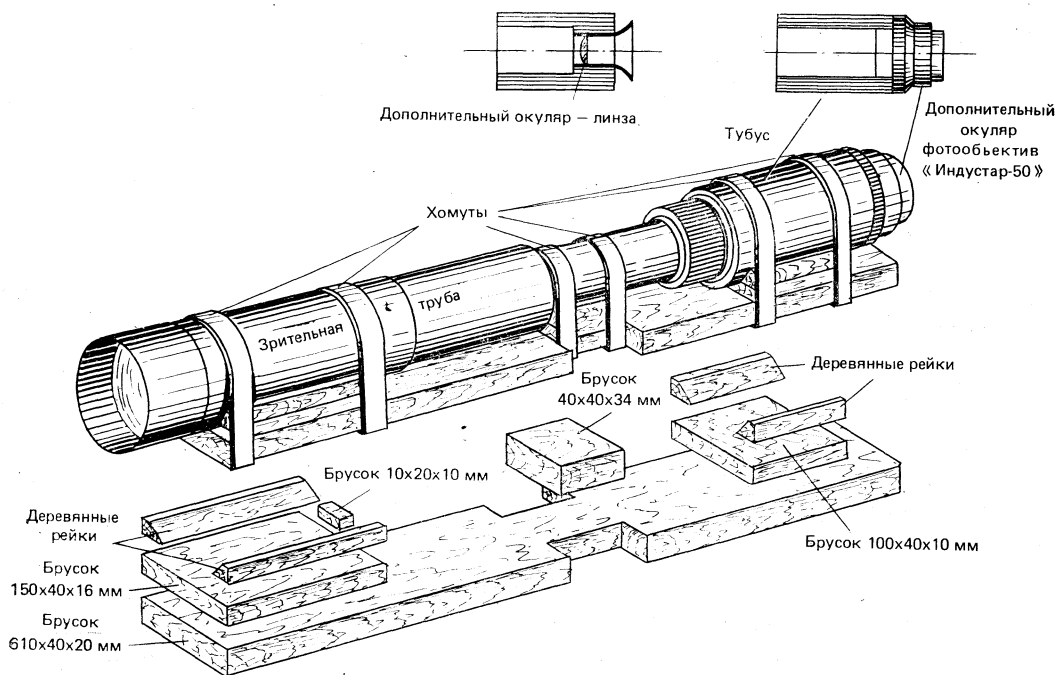


Схема крепления зрительной трубы с дополнительным окуляром на деревянной подставке

ной трубы играет роль эквивалентного объектива с фокусным расстоянием, во много раз превышающим размеры самого инструмента. Перемещая окуляр трубы вдоль оптической оси, мы можем менять линейный размер увеличенного изображения. Линейный размер нетрудно определить, воспользовавшись экраном из

миллиметровой бумаги. Соответствующее эквивалентное фокусное расстояние вычислим по формуле:

$$f_{\text{экв.}} = \frac{A'B' \times 57,3^\circ}{\alpha} \text{ мм,}$$

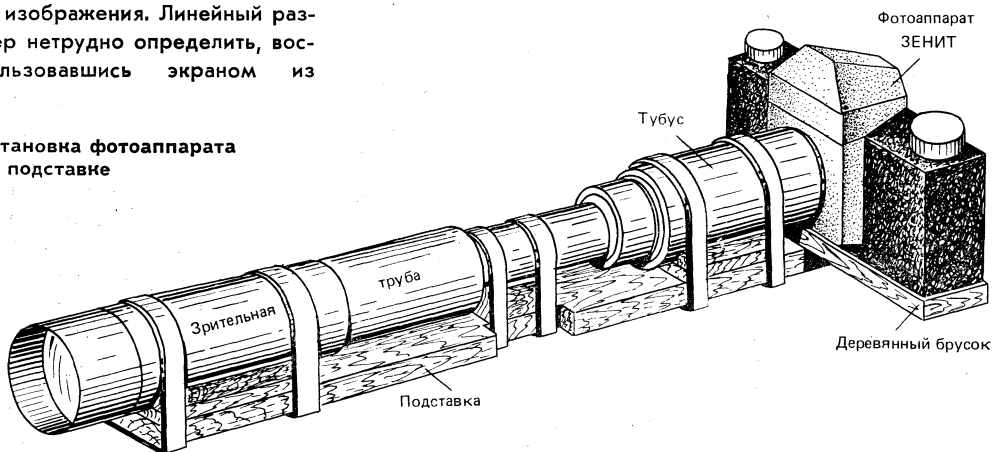
где $A'B'$ — линейный размер изображения в миллиметрах, α — угловой размер наблюдаемого объекта в градусах. Если изменяется размер изображения $A'B'$, то меняется и его

расстояние от окуляра трубы. Для зрительной трубы «Турист-3» оно рассчитывается по формуле:

$$l = 0,05f_{\text{экв.}} + 3,$$

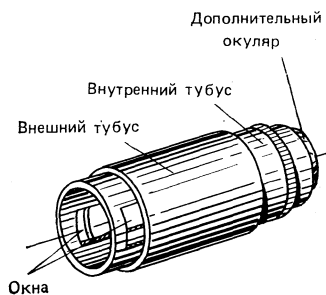
где l и $f_{\text{экв.}}$ выражены в миллиметрах. (Для призматических биноклей расстояние l следует определять экспериментально, измеряя для каждого значения $A'B'$ соответствующую величину $f_{\text{экв.}}$.) Например, при наблю-

Установка фотоаппарата на подставке

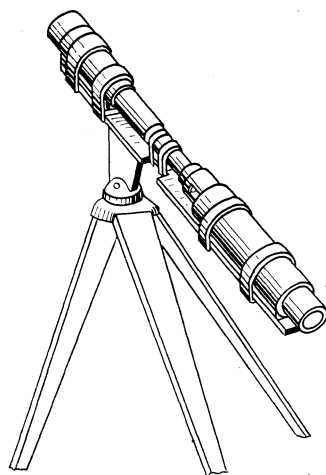


дении Солнца или Луны (их угловой размер около $0,5^\circ$) размеры увеличенного изображения составят: 15 мм на расстоянии 89 мм от окуляра трубы, 20 мм на расстоянии 118 мм от окуляра трубы, 30 мм на расстоянии 176 мм от окуляра трубы. Эквивалентное фокусное расстояние будет равно соответственно 1720, 2290, 3440 мм. Наименьшее эквивалентное фокусное расстояние зависит от минимального расстояния $l_{\text{мин.}}$, на котором еще можно получить резкое изображение наблюдаемого объекта. У трубы «Турист-3» $l_{\text{мин.}}$ около 70 мм. Следовательно, наименьшее эквивалентное фокусное расстояние составит примерно 1350 мм.

Дополнительным окуляром может служить линза (например, часовая лупа), с фокусным расстоянием 30—60 мм и увеличением 8—4 $\times$. Лучше, однако, в качестве дополнительного окуляра использовать объектив фотоаппарата или длиннофокусный фабричный окуляр, так как у них в несколько раз больше, чем у линзы, поле зрения с качественным изображением. Пожалуй, любителю астрономии легче всего приобрести короткофокусный объектив «Индустар-50» с фокусным расстоянием 50 мм. Допустим, что, объединив его в оптическую схему со зрительной трубой «Турист-3», мы хотим получить максимальное полезное увеличение, равное 70 $\times$. Перемножив 50 мм на 70 $\times$, определим эквивалентное фокусное расстояние — 3500 мм. Тогда увеличенное изображение наблюдаемого объекта, а значит, и фокальная плоскость эквивалентного объектива будут находиться в 178 мм от окуляра. Меняя эквивалентное фокусное расстояние, можно получать



Крепление дополнительного окуляра, обеспечивающее плавное изменение увеличения инструмента



Общий вид зрительной трубы с дополнительным окуляром на штативе

различные увеличения. Если дополнительным окуляром служит объектив «Индустар-50», то минимальное увеличение инструмента составит примерно 27 $\times$. Гнаться за очень большими увеличениями не стоит, так как из-за aberrаций и несовершенства оптических элементов всего инструмента (ведь в оптическую схему входит и «Индустар-50») качество изображения заметно ухудшится. Не следует забывать и о том, что, повышая увеличение оптического инструмента, мы одновременно уменьшаем яркость

изображения и размер поля зрения, поэтому для быстрого поиска небесных объектов потребуется искатель — оптическая труба с широким полем зрения. Искателем могут быть, например, монокуляр МП8 $\times$ 30 (увеличение 8 $\times$, диаметр объектива 30 мм, поле зрения $8,5^\circ$) или зрительная труба «Турист-4» (увеличение 10 $\times$, диаметр объектива 30 мм, поле зрения 4°).

Рассмотрим теперь, как объединить зрительную трубу и дополнительный окуляр. Проще всего установить зрительную трубу на подставку, собранную из нескольких деревянных брусков и деревянных реек, а подставку — на штативе. Трубу зафиксируем на подставке с помощью хомутов. Это может быть намотанная несколько раз вокруг трубы нерастягиваемая изоляционная лента или тонкая и крепкая веревка. При установке зрительной трубы надо следить, чтобы ее оптическая ось была параллельна верхней плоскости подставки.

Тубус дополнительного окуляра можно склеить из плотной бумаги, которой обертывают какой-нибудь цилиндрический предмет (хотя бы велосипедный насос), предварительно обмотав его листами бумаги до желаемого диаметра. Толщина стенок тубуса доводится до 3—4 мм, а внутренний диаметр должен быть таким, чтобы дополнительный окуляр (в нашем случае фотообъектив «Индустар-50») входил в него с трением. Если внутренний диаметр тубуса сделать равным 41 мм, то объектив можно ввинчивать в него по резьбе. Чтобы уменьшить рассеивание света в тубусе, изнутри он покрывается черной матовой краской (например, гуашью). На подставке тубус

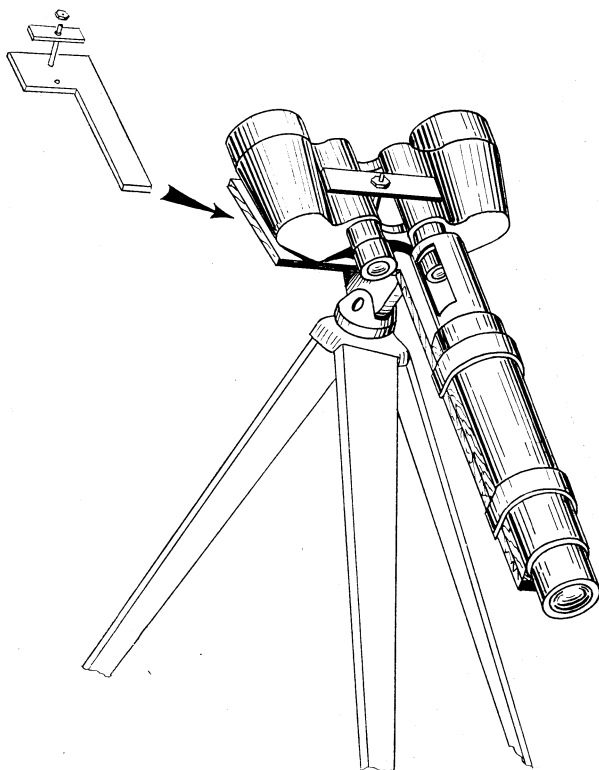
укрепляется хомутами. При этом оптические оси трубы и дополнительного окуляра должны совпадать.

Если временно снять дополнительный окуляр и за тубусом установить на деревянном бруске (140×30×10 мм) камеру от фотоаппарата «Зенит» (без объектива), то можно фотографировать небесные объекты с окулярным увеличением. При фотографировании тубус дополнительного окуляра служит блендой.

Немного усложнив конструкцию, можно сделать так, чтобы увеличение инструмента плавно изменялось, например от 30 до 70^х. Для этого нужно снабдить окуляр двумя тубусами. Внутренний тубус должен двигаться во внешнем с небольшим трением. Во внутреннем тубусе лобзиком выпиливаются два прямоугольных отверстия — окна. Через них, перемещением окуляра зрительной трубы, фокусируют все устройство, когда расстояние от окуляра трубы до дополнительного окуляра небольшое.

Примерно такие же подставки можно смастерить к другим зрительным трубам и полевым биноклям. Правда, из-за конструктивных особенностей биноклей диапазон изменяемых увеличений будет невелик (перемещение внутреннего тубуса во внешнем ограничено), но основная задача — получение максимально полезного увеличения — решается с тем же успехом.

Зрительная труба или бинокль, снабженные дополнительным окуляром, позволяют провести интереснейшие наблюдения небесных объектов и явлений, недоступных биноклю или зрительной трубе, имеющим небольшое увеличение.



Телескоп из бинокля. Второй монокуляр бинокля используется в качестве искателя

Новые книги

Любителям фантастики

В 1983 году Ленинградское отделение издательства «Советский писатель» выпустило книгу А. И. Шалимова «Возвращение последнего атланта». Центральное место в ней — по объему и по важности затронутых вопросов — занимает повесть «Мусорщики планеты». Любителям научной фантастики уже знакомы по многим произведениям описания грядущих экологических катастроф, от которых иной раз стынет в жилах кровь. А. И. Шалимов не пошел по этому проторенному пути. Его герои — не жертвы, а создатели, сотрудники КОБОСа, Ко-

митета восстановления и охраны среды. Их усилиями Земле возвращаются здоровье, гармония, красота. Они следят за тем, чтобы наука и техника XXII века не причинили природе даже малейшего ущерба, причем, по вполне естественным мотивам, сфера их деятельности распространяется и на ближний космос.

Но главное в работе «мусорщиков планеты» — это борьба с «посылками прошлого»: сваленными на дне океанов бетонными контейнерами с радиоактивными отходами, стойкими ядами, незарегистрированными искусственными спутниками Земли, отброшенными ступенями ракет-носителей, представляющими серьезную опасность для космических полетов... Это тяжелый и опасный труд, который порой стоит жизни тем, кто взялся за него. Но на место погибших

приходят другие — те, для кого Земля не просто некое космическое тело, склад сырья, скопище энергетических ресурсов, но ДОМ.

«Возвращение последнего атланта» — девятая книга научно-фантастических произведений А. И. Шалимова. Кроме «Мусорщиков планеты» в этот сборник вошли повести «Возвращение последнего атланта», где писатель создает оригинальную концепцию гибели легендарной Атлантиды, и «Стена», а также два рассказа — «Кто нажмет на „стоп-кран“?» и «Поиск в Кольце».

Звездная космогония

В 1983 году издательство «Наука» выпустило книгу Л. Э. Гуревича и А. Д. Чернина «Происхождение галактик и звезд», в которой, как отмечают авторы, «о новейших успехах космогонии, о ее проблемах и перспективах развития рассказывается... на языке школьной физики и астрономии».

В книге шесть глав. Первая («Вселенная») содержит общие понятия о физике звезд и галактик, знакомит читателей с космологическим расширением и фундаментальными понятиями космологии. Во второй главе рассматривается происхождение крупномасштабной структуры Вселенной, подробно излагаются физическая сущность гравитационной неустойчивости и различные виды возмущений в догалактической структуре.

«Звездные вихри» — название третьей главы, в основном посвященной структуре спиральных галактик.

Четвертая глава («Рождение и эволюция звезд») содержит основы теории звездной эволюции.

В пятой главе рассказывается об эволюции звездных систем (галактик и звездных скоплений).

Шестую главу своей книги авторы назвали «„Скрытые массы“, нейтрино и эйнштейновский вакуум» и посвятили новейшим проблемам современной космологии, связанным с открытием массы покоя нейтрино и физикой антигравитирующего вакуума.

Доктор геолого-минералогических наук
М. С. МАРКОВ

Луна, особенности строения и наблюдения

Серия «Библиотека любителя астрономии» пополнилась новой книгой В. В. Шевченко «Луна и ее наблюдения», которую выпустило издательство «Наука» в 1983 году.

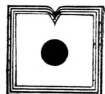
Книга делится на две части. В первой, посвященной общим данным о Луне, содержится три главы. Вторая часть, в которой рассматриваются возможности наблюдений Луны любителями-астрономами, также состоит из трех глав.

Луна — наша ближайшая космическая соседка, еще на заре астрономических исследований была объектом внимательного изучения. Это и неудивительно, так как в хорошую погоду и в полнолуние многие особенности ее рельефа видны невооруженным глазом. История изучения Луны насчитывает по крайней мере 23 века, ибо первые сведения о наблюдениях Луны имеются в рукописях IV века до н. э. Неудивительно также, что в эру космических исследований именно Луна стала первым объектом непосредственного изучения автоматами и человеком. В первой части книги содержится обзор современных представлений о Луне. В ней сжато, но достаточно четко и доступно изложены все необходимые наблюдателю данные о единственном естественном спутнике нашей планеты. Эта часть, названная «Природа Луны», открывается главой: «Луна —

естественный спутник Земли». В ней приведены сведения об орбитальном движении и вращении Луны, из чего начинающему любителю астрономии становится ясным, почему Луна постоянно обращена к Земле своей видимой стороной, почему наблюдаются в течение лунного месяца фазы Луны, когда и почему происходят лунные затмения.

Следующий раздел первой главы посвящен природе спутника, его фигуре, массе и плотности. Эти данные в последние годы были существенно уточнены благодаря орбитальным полетам лунных спутников.

В других разделах первой главы рассматриваются проблемы состава и строения различных оболочек Луны, вклю-



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ



чая атмосферу, чрезвычайно разреженную. После исследований Луны автоматическими станциями и астронавтами мы значительно продвинулись в познании лунных пород, а следовательно,— строения ее недр. Изучение первых образцов лунных пород показало, что, несмотря на некоторые отличия в составе, они удивительно похожи на магматические породы Земли. По-видимому, процесс дифференциации протопланетного вещества Луны происходил так же, как и земного, а значит, глубинное строение Луны в общем должно напоминать строение земных недр. Сейсмические эксперименты на Луне подтвердили это предположение.

Изучение геологии Луны (селенологии) показало, что ее геологическая активность в основном закончилась 3,2 млрд. лет тому назад. Поскольку на Луне практически отсутствуют атмосфера и гидросфера и поверхностные породы не подвергаются столь интенсивному выветриванию, как на Земле, то на Луне мы имеем прекрасный полигон, запечатлевший в своих породах раннюю историю планет земной группы. Именно эти обстоятельства делают изучение геологии Луны важной задачей современного естествознания.

Безусловно, что эксперименты, проводившиеся непосредственно на поверхности Луны человеком и автоматами, открывают новую страницу в ее изучении. Однако нельзя забывать, что они предоставляют сведения о строении и составе пород крайне ограниченных участков лунной поверхности. В то же время для решения ряда проблем необходимо посмотреть на Луну в целом, поэтому-то до сих пор не теряют актуальности назем-

ные и орбитальные исследования Луны. На их данных жидутся селенография (изучение поверхности Луны и ее картография) и комплекс астрофизических исследований нашего спутника, о которых рассказано в двух следующих главах книги.

Во второй главе — «Селенография» — последовательно рассматриваются рельеф Луны, построение системы селенографических координат и основные проблемы лунной картографии, а также приводятся данные об атласах и картах Луны, изданных в СССР и за рубежом.

В главе «Астрофизические особенности лунной поверхности» обсуждаются отражательная способность поверхности Луны, ее колориметрия и поляриметрия, определение температуры лунной поверхности. В последние годы такие данные приобрели особое значение, ибо после доставки на Землю образцов лунных пород были сопоставлены оптические характеристики лунной поверхности с химическим составом поверхностного слоя Луны (реголита). В результате мы получили мощный метод, который позволяет нам сравнивать различные карты Луны, составленные по данным наземных наблюдений, с ее геологическими характеристиками и проводить глобальный анализ геологии нашего естественного спутника. Следует отметить, что разработка методов сопоставления важна и для изучения других безатмосферных небесных тел, например крупных астероидов.

Таким образом, первая часть книги представляет собой достаточно полную сводку современных знаний о Луне, которые должны быть известны астроному-любителю, занимаю-

щемуся наблюдениями нашей космической соседки.

Вторая часть книги адресована непосредственно наблюдателям Луны. В ней последовательно рассматриваются визуальные наблюдения, начиная с их методики и кончая теми явлениями, которые могут быть зарегистрированы на лунной поверхности. Заметим, что составленные карты кратковременных явлений на Луне во многом опираются на данные, полученные астрономами-любителями. Затем в книге рассказывается, как нужно работать с лунными снимками и картами. По ним можно выяснить статистику кратеров и особенности распространения их по диску Луны, оценить мощность лавовых излияний в крупных кратерах и морях. Заключительная глава книги посвящена фотографическим наблюдениям Луны и методам составления различных фотометрических карт ее поверхности. К сожалению, впечатление от этой хорошей книжки несколько портит научно ошибочная картинка на обложке, изображающая неверное взаиморасположение Земли и Луны. Здесь фантазия художника вышла из-под контроля автора и издательства.

Книга В. В. Шевченко включает многочисленные приложения, в том числе основные данные о Луне, список космических аппаратов, исследовавших Луну, данные о будущих затмениях нашего спутника, опорных селенографических пунктах и другие.

Астрономы-любители получили хороший справочник, который позволит им сделать наблюдения Луны более целенаправленными и систематическими.



Доктор физико-математических наук
Л. М. МУХИН

«Поиски жизни во Вселенной»

В последнее десятилетие проблема поиска жизни во Вселенной привлекает все большее и большее внимание специалистов самого различного профиля. Научные основы подхода к решению данной проблемы были заложены на международной конференции в Бюракане (1971 г.) (Земля и Вселенная, 1972, № 2, с. 49; № 3, с. 48.—Ред.), семинаре по проблеме связи с внеземными цивилизациями (SETI), проходившем в Специальной астрофизической обсерватории АН СССР (1975 г.) (Земля и Вселенная, 1976, № 4, с. 68.—Ред.), и, наконец, на международном симпозиуме в Таллине (1981 г.) (Земля и Вселенная, 1982, № 3, с. 48; № 4, с. 52.—Ред.). Материалы Бюраканской конференции и семинара уже опубликованы, материалы Таллинского симпозиума должны увидеть свет в текущем году. Однако небольшой тираж этих сборников и высокопрофессиональный уровень научных статей делают их малодоступными для широкого круга читателей. Поэтому публикация хорошей научно-популярной книги, посвященной захватывающей проблеме поиска жизни во Вселенной, представляется чрезвычайно актуальной.

В 1983 году издательство «Мир» выпустило прекрасно оформленную книгу известных американских ученых Д. Голдсмита и Т. Оуэна «Поиски жи-



ни во Вселенной» (пер. с англ. В. Д. Новикова, под ред. проф. М. Я. Марова). Авторы книги поставили перед собой очень сложную задачу: изложить в научно-популярной форме широчайший круг вопросов, составляющих сущность проблемы поиска жизни. Назовем из них лишь несколько. Как и где можно надеяться обнаружить жизнь во Вселенной? Как произошла жизнь на Земле? Сколько цивилизаций в Галактике? На каком уровне развития они находятся?

Авторы книги считают, что основное ее назначение — «служить учебным пособием для... курса астрономии, в программу которого включен вопрос о поисках внеземной жизни».

Мне кажется, что для своего основного назначения книга написана чересчур популярно, в частности, в ней совершенно не использован математический аппарат (а некоторые вопросы, связанные, кстати говоря, непосредственно с астрономией, изложены слишком упрощенно для учебника). Но, безусловно, книга Д. Голдсмита и Т. Оуэна хороша прежде всего широтой охвата материала, живым и доступным изложением. Это делает ее интересной и для школьника, и для студента, и для профессионального исследователя.

В книге «Поиски жизни во Вселенной» пять частей, причем только последняя непосредственно касается вопроса поиска внеземного разума и оценки числа возможных цивилизаций в нашей Галактике. И хотя одна из частей книги называется «Поиски жизни в Солнечной системе», из нее читатель узнает в основном о происхождении Солнечной системы, начальных стадиях ее эволюции, характеристиках планет, новейших достижениях космических исследований. В этой части также анализируются результаты экспериментов по поиску жизни на Марсе. Весь остальной объем книги (больше половины) отведен вопросам истории Вселенной и проблеме происхождения жизни. Такой подход к построению научно-популярной книги ка-

жется мне правомочным. За-трагивая в той или иной сте-пени полноты большой круг вопросов, авторы, несомненно, сделали книгу гораздо увле-кательнее, чем если бы, на-пример, они пошли по пути подробного анализа техниче-ских решений приемных и пе-редающих систем для связи с внеземными цивилизациями.

Разумеется, попытка дать де-тальный панорамный обзор раз-личных областей науки имеет и оборотную сторону. Так, на мой взгляд, часть книги, по-священная происхождению жиз-ни, написана поверхностно. Ав-торам не удалось отразить важ-ность и сложность наиболее

интересного аспекта пробле-мы — происхождения и эволю-ции генетического кода.

К несомненным достоинствам книги следует отнести принци-пиальный и объективный ана-лиз вопроса о НЛО. Крайне полезны высказанные в книге критические замечания о «ра-ботах» фон Деникена и соот-ветствующие оценки его «твор-чества».

В мировой научно-популяр-ной литературе уже была сде-лана удачная попытка расска-зать о жизни и ее месте в ок-ружающем нас мире — я имею в виду превосходную книгу И. С. Шкловского «Вселенная, жизнь, разум». Д. Голдсмит и

Т. Оуэн отдают ей должное. Но проблема жизни во Все-ленной столь многолика и ин-тригующе, что перевод на рус-ский язык еще одной интерес-ной книги можно лишь при-ветствовать. Вновь хочу отме-тить прекрасное оформление книги «Поиски жизни во Все-ленной» и тщательную работу редактора М. Я. Марова. Жаль только, что тираж этой книги (16 000 экз.) не удовлетворит спрос советского читателя.

Книги 1985 года

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУ-РЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»

В плане выпуска на 1985 год намечается издание около двух десятков книг по астрономии.

Раздел учебной литера-туры представлен новым изданием книги академика **В. В. Соболева «Курс теорети-ческой астрофизики»**. Автор значительно переработал гла-вы, посвященные внутреннему строению звезд.

Обширен и разнообразен раздел научной литера-туры, в котором ряд книг бу-дет доступен и интересен не только специалистам, но и лю-бителям астрономии. Отметим прежде всего второе, перера-ботанное и дополненное изда-

ние книги **И. А. Климишина «Календарь и хронология»**. Можно полагать, что новый ва-риант книги станет наиболее полным изложением календар-ной проблемы на русском языке. Для широкого круга чита-телей будет интересна моно-графия **Л. В. Ксанфомалити «Планета Венера»**. Опираясь на исследования, выполненные в последние полтора десятка лет в первую очередь с по-мощью советских космических аппаратов серии «Венера», ав-тор обобщает современные представления об этой плане-те. Огромный систематизиро-ванный наблюдательный мате-риал, включающий и резуль-таты внеатмосферных исследо-ваний, содержится в моногра-фии **Г. А. Гурзаяна «Звездные вспышки. Физика. Космогония»**.

Анализируя данные наблюде-ний, автор развивает свою тео-рию звездных вспышек, рас-сматривает проблемы эволю-ции и космогонии вспыхива-ющих звезд. К числу фундамен-тальных изданий, в которых изложен и обобщен обширный фактический материал и тео-ретические представления, от-носятся также книги **Г. С. Хро-мова «Планетарные туманности. Физика. Эволюция. Космо-гония»** и **В. Н. Обридо «Сол-нечные пятна и комплексы ак-тивности»**. На стыке математи-ки и астрономии находятся проблемы, рассмотренные в монографии **А. В. Гончаровско-го, А. М. Черепашука, А. Г. Яго-лы «Некорректные задачи ас-трофизики»**. Небольшая книга **А. Г. Суханова «Панорамная астрофотография»**, выходящая

под редакцией В. В. Подобеда, призвана способствовать организации исследований по астрофотографии.

Внимание астрономов, физиков, механиков, математиков и историков науки несомненно привлечет книга **Р. Ньютона «Преступление Клавдия Птолемея»** (перевод с английского под редакцией Е. А. Гребеникова). Тщательно изучив и проанализировав сочинение Птолемея «Альмагест» и работы его предшественников, автор пришел к выводу, что Птолемей фальсифицировал ряд результатов наблюдений, необъективно изложил достижения античной астрономии.

Раздел справочной литературы предусматривает издание очередного, 89 выпуска **«Астрономического календаря»**.

В 1984 году Главная редакция начала издание серии «Проблемы науки и технического прогресса». В будущем году в этой серии выйдут четыре книги по астрономии. Они посвящены актуальным проблемам, написаны доступно и будут интересны преподавателям, студентам, лекторам, школьни-

кам старших классов. Книга **Н. Г. Бочкарева «Магнитные поля в космосе»** рассказывает о магнитных полях Земли, планет, Солнца, звезд, межзвездной среды, галактик, происхождении этих полей и методах их изучения. В серию входят также книга **Э. Я. Вильковского «Квazarы»** и уже известная читателям книга **Ю. П. Псковского «Новые и сверхновые звезды»**, переработанная и дополненная результатами исследований последних лет. Наконец, в книге **А. Н. Симоненко «Астероиды»** дается представление о малых планетах, об истории их открытия и исследования.

В серии «Библиотечка „Квант“» выходит книга **Л. С. Марочника «Свидание с кометой»**, содержащая популярное изложение природы, происхождения комет, описание проектов космических экспедиций к этим телам Солнечной системы.

В 1985 году намечается выпустить новое издание популярной книги **Б. А. Воронцова-Вельяминова «Лаплас»**. Впервые эта книга увидела свет почти 50 лет назад, была встречена с большим интересом и

давно стала библиографической редкостью. Готовится публикация и второго издания книги **Ф. Ю. Зигеля «Астрономы наблюдают»**, повествующей об истории создания астрономических инструментов — телескопов, астрографов и новых технических средств исследования Вселенной.

Обращаем внимание читателей на то, что книготорговые организации определяют тираж учебников и научных изданий на основе предварительных заказов, поступивших в книжные магазины. Читатели, не сделавшие таких заказов, рискуют остаться без нужных им книг.

Заведующий редакцией астрономической литературы
И. Е. РАХЛИН

Новые книги

Преподавателям ПТУ

Пособие по самообразованию преподавателей астрономии средних профтехучилищ «Мировоззренческие аспекты изучения астрономии» (автор **Е. П. Левитан**) выпустило в 1983 году издательство «Высшая школа».

Основное содержание пособия раскрыто в пяти главах.

Первая глава («Мировоззрение») поясняет сущность понятия «мировоззрение», показывает связь мировоззрения с естествознанием и картиной мира, несовместимость науч-

ного и религиозного мировоззрения.

Вторая глава («Революция в астрономии и мировоззрении») посвящена коперниканской революции и проблеме революционной ситуации в современной астрономии.

В третьей главе («Космология и мировоззрение») рассматриваются философские и атеистические вопросы релятивистской космологии в связи с такими проблемами, как прошлое и будущее Метагалактики, бесконечность Вселенной во времени и пространстве. Особое внимание уделяется показу несостоятельности богословской интерпретации данных космологии. Читателям дается представление о

космологических истоках эстетики и этики.

«Освоение космоса и мировоззрение» — название четвертой главы. Здесь рассматриваются взаимовлияние космонавтики и мировоззрения, атеистические аспекты освоения космического пространства, проблема внеземных цивилизаций.

Пятая глава («Общеобразовательный курс астрономии и формирование коммунистического мировоззрения») раскрывает роль курса астрономии в формировании диалектико-материалистического мировоззрения и в атеистическом воспитании учащихся.



ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

В газете «Советская Россия» от 2 ноября 1983 года в интервью с писателем-фантастом А. Казанцевым упомянуты «марсианские пирамиды» и «марсианский сфинкс», которые были обнаружены на космических снимках Марса. Фотографию «марсианского сфинкса» я видел несколько лет назад в передаче «Очевидное — невероятное». Таким образом, эти объекты не вымысел, не миф, но о них мало что известно. Большая просьба поместить фотографии этих объектов и статью о них.

О. М. ВЕХТЕВ (г. Москва)

Выполняя просьбу читателя, о «пирамидах» и «сфинксе» на Марсе рассказывает сотрудник лаборатории сравнительной планетологии ГЕОХИ АН СССР, кандидат географических наук Р. О. КУЗЬМИН.

Издавна Марс был окружен ореолом таинственности. Долгое время планету считали наиболее вероятным миром в Солнечной системе, где возможна жизнь. Знаменитая сеть марсианских каналов, опутывающая всю поверхность планеты, рассматривалась как неоспоримое свидетельство разумной деятельности марсиан. По созданной ими ирригационной системе перебрасывалась вода от тающих летом полярных шапок к экваториальным засушливым районам. Эту идею усиленно

поддерживал известный американский астроном П. Ловелл (1855—1916), ее не раз освещали в прессе, о ней любили писать фантасты (Земля и Вселенная, 1983, № 2, с. 55.—Ред.).

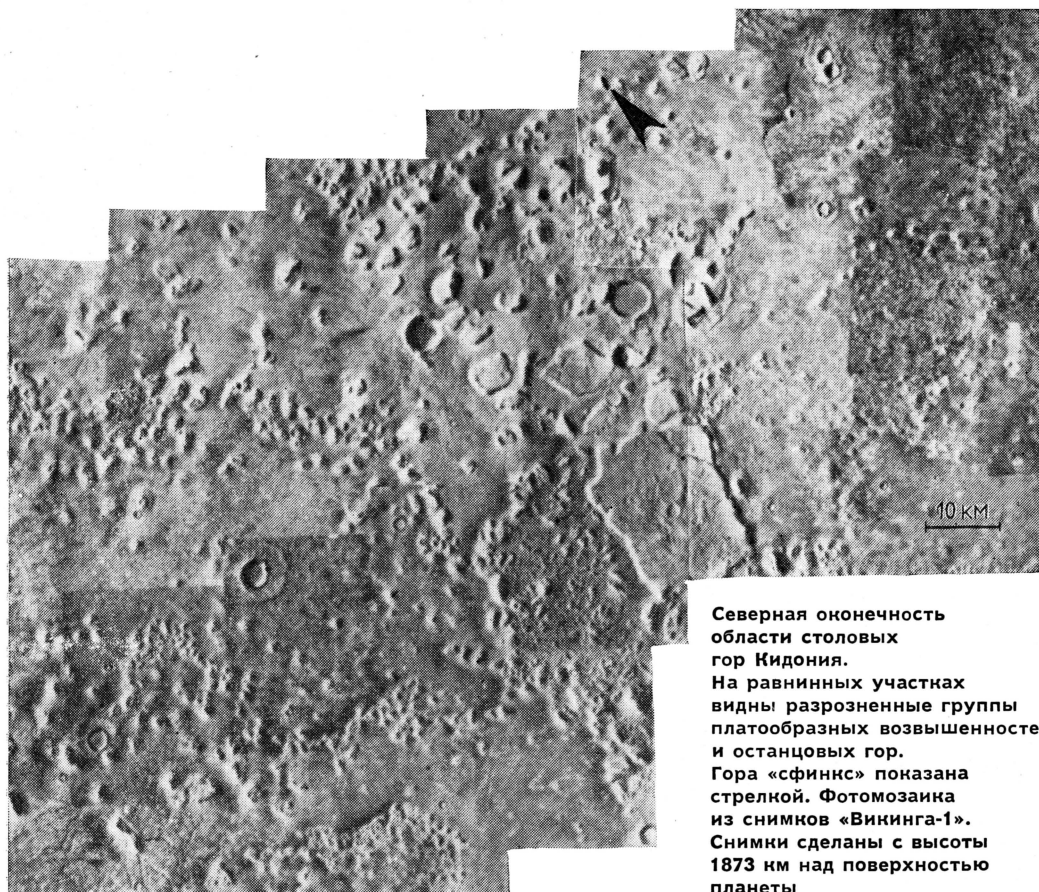
В 70-е годы нашего столетия благодаря космической съемке поверхности Марса стало очевидно, что только некоторые из классических «каналов» — естественные образования: линейные депрессии, системы хребтов и разломов в коре планеты. Большая же часть «каналов» оказалась всего лишь оптической иллюзией, создаваемой сочетанием участков поверхности с различной яркостью, цепочками метеоритных кратеров или границами геологических провинций с разным рельефом и разной яркостью поверхности.

По мере того, как углублялись наши знания о природе Марса, вероятность, что у него есть какая-либо биосфера, все уменьшалась. Уже первые космические зонды, посланные к красной планете, показали, сколь суровы и неблагоприятны на ней климатические условия (средняя температура — 60° С, исключительно сухая углекислая атмосфера с давлением около 6 мбар), чтобы могла существовать хоть какая-то органическая жизнь. Тем не менее, поскольку известно, что на Земле живые организмы обладают высокой приспособляемостью к экстремальным условиям, оставалась надежда на возможность примитивных форм жизни на Марсе. Однако биологические эксперименты, проводившиеся непосредственно на его поверхности автоматическими станциями «Викинг-1 и -2», не подтвердили этих предположений (Земля и Вселенная, 1977, № 3, с. 22.—Ред.).

Детальная космическая съемка поверхности Марса и исследование его грунта позволили планетологам прочесть большую часть геологической летописи планеты, начиная с эпохи интенсивной метеоритной бомбардировки ее поверхности (4,5—4 млрд. лет назад) и до настоящего времени. Стало ясно, что по характеру геологической эволюции планета Марс занимает промежуточное положение между Луной и Землей и изучение Марса очень важно для понимания ранних этапов земной эволюции. На Земле их следы с трудом поддаются расшифровке из-за интенсивной эндогенной и экзогенной переработки земной поверхности в течение последних двух миллиардов лет. Другое дело Марс — на его поверхности хорошо видны следы геологических процессов, действовавших 4, 3, 2 и 1 млрд. лет назад.

Таким образом, накопление огромного объема научной информации о планетах Солнечной системы развеяло многие фантастические идеи, прочно бытовавшие в популярных изданиях. И все же Марс по-прежнему остается ареной для измышлений любителей околонуточных сенсаций, которые в силу своей безграмотности и некомпетентности тенденциозно приписывают непонятному явлению или природному объекту сверхъестественное происхождение, чаще всего связанное с инопланетными пришельцами. Пример тому — еще одно «открытие» приверженцев марсианских цивилизаций. Речь идет о «пирамидах» и «сфинксе» на Марсе. Что же послужило пищей для разговоров и даже публикаций на подобную тему? Вернемся лет на восемь назад.

25 июля 1976 года «Викинг-1»



Северная оконечность области столовых гор Кидония. На равнинных участках видны разрозненные группы платообразных возвышенностей и останцовых гор. Гора «сфинкс» показана стрелкой. Фотомозаика из снимков «Викинга-1». Снимки сделаны с высоты 1873 км над поверхностью планеты

вел детальную съемку Ацидалийской равнины в поисках областей на Марсе, перспективных для посадки научных станций. В южной части равнины находятся многочисленные скопления холмов, останцовых гор и платообразных массивов, получивших впоследствии собственное название — столовые горы Кидония. При тщательном анализе снимков было обнаружено, что одна из останцовых гор формой и очертаниями напоминала человеческое лицо. Такое сходство возникло благодаря случайной игре светотеней в пределах горы и осложняющего ее склон метеоритного кратера, что создало иллюзию глаза, носа и линии рта. Зрительное восприятие усиливали черные точки на

снимке — помехи в воспроизведении отдельных элементов изображения. У сотрудников научно-оперативной группы НАСА по выбору мест посадки для «Викингов» гора получила шуточное название — «Лицо Марса», а руководитель группы известный геолог Г. Мазурский не без юмора заметил: «Это тот самый парень, который построил все „каналы“ Ловелла».

Описание этого вполне рабочего эпизода и сама фотография вскоре попали на страницы прессы. И чем дальше отдалялась фотография от первоисточника информации, тем сильнее сгущался вокруг нее туман сенсации. Так появились разговоры и даже упоминания в печати о «сфинксе» на Мар-

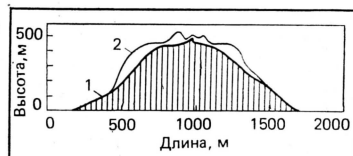
се. Да тут еще, как нарочно, на той же фотографии недалеко от «сфинкса» видна группа островершинных гор-останцов, длинные тени от которых (съемка велась при высоте Солнца над горизонтом 20°) усилили впечатление пирамидальности этих образований. Не правда ли, соблазнительное дополнение к «сфинксу»? О «сфинксе» и «пирамидах» стали оживленно говорить, спорить, о них упоминали и в наших массовых изданиях, прозрачно намекая, что, дескать, это могут быть сверхмонументальные скульптуры, созданные чуть ли... Даже дух захватывает от возможных фантастических вариантов. Но оставим их любителям видеть во всем необычном следы инопланетных

цивилизаций или загадочных марсиан и обсудим реальную природу «пирамид» и «сфинкса».

Область столовых гор Кидония расположена в северном полушарии Марса между высокой и изобилующей кратерами Землей Аравии и более низкой и ровной поверхностью Ацидалийской равнины. Тип рельефа, свойственный области Кидония и известный в планетологической литературе как «разъеденная» местность, представляет собой скопления из платообразных массивов причудливых очертаний и россыпей плосковершинных и островершинных гор-останцов, резко возвышающихся над окружающими равнинными участками. Гора «сфинкс» и «пирамиды» приурочены к самой северной оконечности столовых гор Кидония (41° с. ш., 9,5° в. д.). Хотя эти формы рельефа не самые крупные в данной области, их размеры внушительны. Основание горы «сфинкс» имеет поперечные размеры 1,5×2 км и поднимается над окружающей равниной более чем на 500 м. У горы двухъярусное строение: это — плато высотой около 200 м и возвышающийся на нем более чем на 300 м криволинейный гребень. Высота останцовых гор-«пирамид» колеблется от нескольких сотен метров до 1 км при поперечнике основания от одного до нескольких километров. Многие сотни останцовых гор в области Кидония, подобные горе «сфинкс» и «пирамидам» — фактически остатки когда-то существовавшей здесь платообразной возвышенности, сложенной толщей осадочных отложений мощностью более 1 км. Под действием экзогенных и эндогенных процессов осадочные породы разрушались, и постепенно форми-



Участок поверхности Марса. Слева — похожие на пирамиды горы-останцы, высота которых 500—1000 м. В правой части снимка виден марсианский «сфинкс». Темное диффузное кольцо (примерно в центре снимка) — фотограмметрическая метка; многочисленные черные точки — сбои в воспроизведении отдельных элементов изображения, проявившиеся при сильном увеличении снимка. Фото «Викинга-1»



Реальный профиль высот горы «сфинкс» по линии раздела светотени (1) и воображаемый профиль «сфинкса», построенный по фотоизображению в плане (2)

ровался рельеф «разъеденной» местности. Отдельные останцовые горы (подобные горе «сфинксу») среди Ацидалийской равнины сформировались в результате специфической вулканической деятельности, происходившей на фоне мощных льдонасыщенных мерзлых пород. (На Земле подобные образования типичны для Исландии, где вулканические извержения часто происходили под мощными покровами ледниковых щитов.) Как показывает фотогеологический анализ снимков, в области Кидония происходило интенсивное смещение

материала со склонов платообразных гор, при котором крутизна останцов различного размера оставалась примерно одинаковой (около 25°). В результате крупные плосковершинные останцы, разрушаясь, сокращались в размере, распадались на группы более мелких останцов, дальнейшее разрушение которых привело к появлению пирамидальных гор и островершинных холмов. Главнейшими факторами разрушения рельефа «разъеденной» местности были (и продолжают оставаться в настоящее время) мерзлотные про-

цессы и ветровая деятельность.

Между прочим, в ближайших окрестностях «сфинкса» встречается много останцовых гор, которые представляют собой морфологические двойники рассматриваемой горы, хотя размеры их могут быть больше и меньше. И если на них также случайно расположились бы помехи от телевизионной передачи изображения (черные точки) вместе с уступом и краем на склоне, то еще новые «сфинксы» не преминули бы появиться на изображениях области столовых гор Кидония.

Построенный через линию раздела света и тени высотный профиль горы «сфинкс» (что нетрудно сделать, зная угол Солнца над горизонтом и масштаб снимка) даже отдаленно

не похож на профиль образования искусственного происхождения. Наоборот, этот профиль оказался типичным для земных гор-останцов, созданных ветровой эрозией и склоновыми процессами в районах пустынь или образованных в результате вулканической деятельности под мощными ледниковыми покровами.

Так что загадочные «пирамиды» и «сфинкс» (подобно множеству таких же форм рельефа в районе столовых гор Кидония) не представляют собой каких-либо образцов сверхмонументальной скульптуры, сотворенных обитателями иных миров. Они созданы природными процессами, сформировавшими наблюдаемый облик поверхности Марса в течение многих сотен миллионов лет. Подобно тому как на Земле

природа изваяла из камня многие скульптурные шедевры (например, каменный столб «Дед» на Енисее, «эоловые города» и «замки» в Джунгарии), так и на поверхности других планет она создала похожие творения. Внешние очертания таких природных памятников иногда создают ощущения искусственности, и часто от особенностей солнечного освещения зависит, пройдем ли мы мимо них, так и не заметив ничего, или остановимся, очарованные столь поражающим сходством со знакомыми нам образами.

Новые книги

Доступно о Галактике

Популярная серия «Эврика» издательства «Молодая гвардия» пополнилась в 1983 году книгой Л. М. Мухина «В нашей Галактике».

Прочитавший эту книгу познакомится со многими вопросами истории астрономии и современными представлениями о природе и эволюции небесных тел. Книга начинается с краткого обзора становления астрономической науки. Далее читатель вводится в круг проблем, связанных с физикой

звезд и Солнца, а также с теорией звездной эволюции. От «более спокойного» пути создания теории внутреннего строения и эволюции звезд» автор ведет читателя к «тернистым дорогам планетной космогонии», рассказывая о «доме модели» — различных космогонических гипотезах.

Особое место в книге уделяется результатам исследования планет средствами космической техники. Разным аспектам открытия и исследования планет и их спутников посвящена значительная часть книги. Материал насыщен как множеством любопытных исторических фактов, так и новыми данными о планетах. Причем, рассказывая о новейших открытиях, автор не за-

бывает упоминать и о новых проблемах, которые возникли в связи с этими открытиями.

Нашлось место в книге и малым телам Солнечной системы (отдельные параграфы о кометах и метеоритах).

Заключительная глава книги почти вся посвящена проблеме внеземных цивилизаций: здесь и результаты прослушивания Вселенной, и рассказ о космическом зонде Р. Брейсуэлла, и смелая гипотеза Н. С. Кардашева об обитателях центра Галактики, и многое, многое другое...

Земля и Вселенная

• ИЮЛЬ • АВГУСТ • **4/84**

Орган Секции физико-технических и математических наук, Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР¹ и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Адрес редакции: 103717, ГСП, Москва, К-62, Подсосенский пер., д. 21, комн. 2. Телефоны: 227-02-45, 227-07-45

Художественный редактор Л. Я. Шимкина

Корректоры: В. А. Ермолаева, Л. М. Федорова

Номер оформили: А. Г. Калашникова, А. Н. Ковалев, Е. К. Тенчурина

Первую страницу обложки (к статье В. С. Бескина) и четвертую страницу (к статье Д. А. Фомина, Г. В. Шуваева) оформил А. Ковалев.

Редакционная коллегия:

Главный редактор
доктор физико-математических наук
Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Ю. Д. БУЛАНЖЕ
Зам. главного редактора
кандидат педагогических наук
Е. П. ЛЕВИТАН
Член-корреспондент АН СССР
Г. А. АВСЮН
Доктор географических наук
А. А. АКСЕНОВ
Кандидат физико-математических наук
В. А. БРОНШТЭН
Доктор юридических наук
В. С. ВЕРЕЩЕТИН
Кандидат технических наук
Ю. Н. ГЛАЗКОВ
Доктор технических наук
А. А. ИЗOTOB
Доктор физико-математических наук
И. А. КЛИМИШИН
Доктор физико-математических наук
Б. Ю. ЛЕВИН
Кандидат физико-математических наук
Г. А. ЛЕЙКИН
Доктор физико-математических наук
Л. И. МАТВЕЕНКО
Доктор физико-математических наук
А. В. НИКОЛАЕВ
Доктор физико-математических наук
И. Д. НОВИКОВ
Доктор физико-математических наук
К. Ф. ОГОРОДНИКОВ
Доктор физико-математических наук
Г. Н. ПЕТРОВА
Доктор физико-математических наук
М. А. ПЕТРОСЯНЦ
Доктор геолого-минералогических наук
Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ
Доктор физико-математических наук
В. В. РАДЗИЕВСКИЙ
Доктор физико-математических наук
Ю. А. РЯБОВ
Кандидат технических наук
Г. М. ТАМКОВИЧ
Доктор физико-математических наук
Г. М. ТОВМАСЯН
Доктор технических наук
К. П. ФЕОКТИСТОВ

Сдано в набор 18.04.84. Подписано к печати 13.06.84. Т-09763.

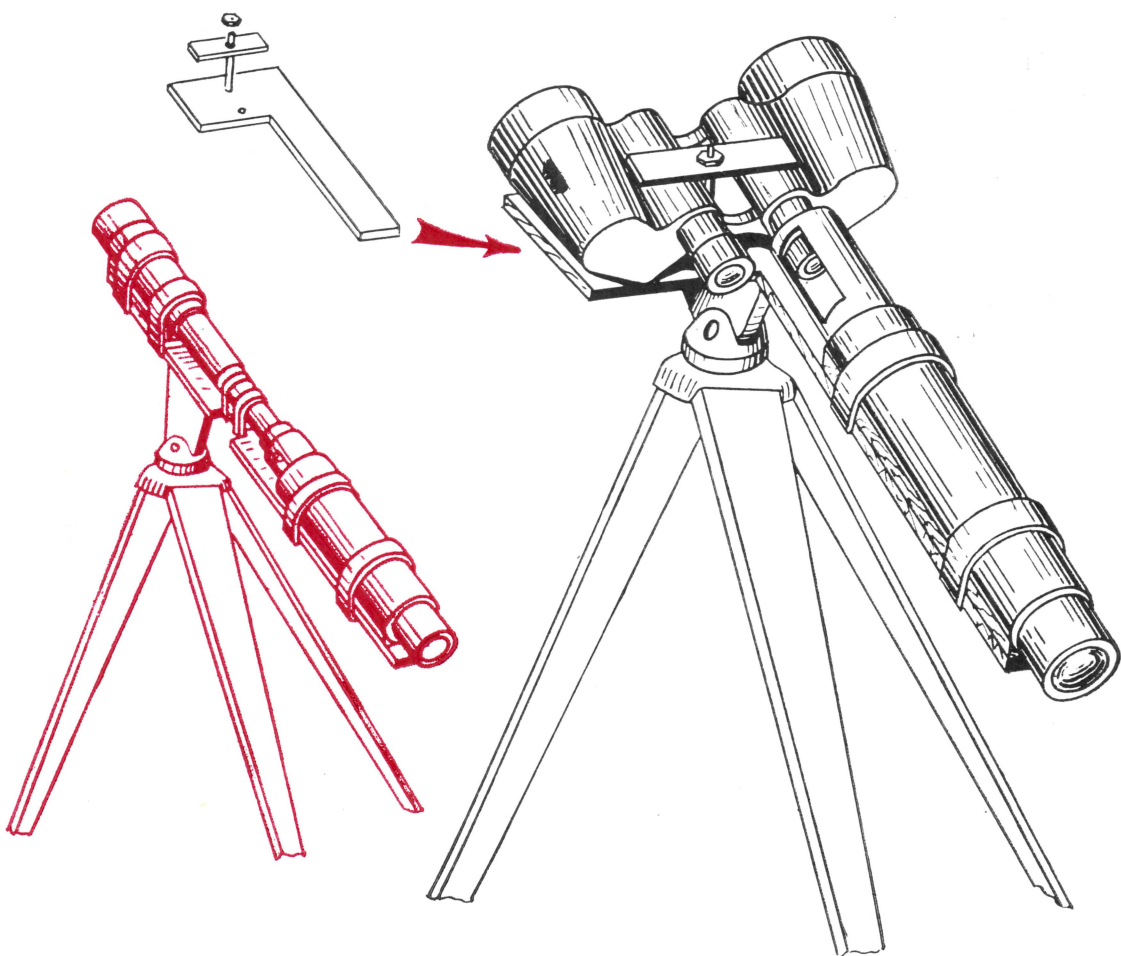
Формат бумаги 70×100^{1/16}. Высокая печать

Усл.-печ. л. 7.74. Уч.-изд. л. 10.6. Усл. кр.-отг. 407.1 тыс. Бум. л. 3.

Тираж 40 950 экз. Заказ 63. Цена 55 коп.

Издательство «Наука», 117864, ГСП-7, Москва, В-493, Профсоюзная ул., д. 90

2-я типография издательства «Наука», 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., д. 10



Земля и Вселенная

Ц. 65 к.

● АСТРОНОМИЯ ● ГЕОФИЗИКА ●
● ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА ●

4/84